ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

СВОДНЫЙ ТОМ

Выпуск 3

551 | 34615
Г 46
Гидрогеология

Книга должна быть возвращена не позже указанного здесь срока

Количество предыдущих выдач _____

22/VIII-03-486

63—1971

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ
(ВСЕГИНГЕО)

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

СВОДНЫЙ ТОМ В ПЯТИ ВЫПУСКАХ
С АТЛАСОМ КАРТ

Главный редактор
А. В. СИДОРЕНКО

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Н. В. РОГОВСКАЯ, Н. И. ТОЛСТИХИН; В. М. ФОМИН

МОСКВА, «НЕДРА», 1977

551
Г-16

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ
(ВСЕГИНГЕО)

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

СВОДНЫЙ ТОМ

ВЫПУСК 3

РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СССР И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

РЕДАКТОР
Л. С. ЯЗВИН

ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
Шифр
Инв. № 34615
1

МОСКВА, «НЕДРА», 1977

УДК 556.3(47+57)

Гидрогеология СССР. Сводный том в пяти выпусках. Вып. 3. Ресурсы подземных вод СССР и перспективы их использования. М., «Недра», 1977, 279 с. (ВСЕГИНГЕО).

В книге приводится характеристика формирования и распространения ресурсов различных типов подземных вод (пресных и солоноватых, минеральных, термальных и промышленных) по основным гидрогеологическим регионам страны. Рассматриваются методические вопросы региональной оценки ресурсов подземных вод, анализируется современное использование различных типов подземных вод и намечаются его возможные перспективы.

Книга рассчитана на гидрогеологов и специалистов по водоснабжению.

Табл. 44, ил. 5, список лит. — 68 назв.

Hydrogeology of the USSR. Summary volume consists of five books. Book 3. Ground-water resources of the USSR and perspectives of their utilization. M., „Nedra", 1977.

This book deals with the characteristics of the formation and distribution of ground-water resources of different types (fresh and brackish, mineral, thermal and industrial) of the principal hydrogeological regions of the country.

The methodic aspects of regional evaluation of ground-water resources are discussed in the book. The present-day use of ground water of different types is analysed and its possible perspectives are evaluated.

This book is intended for hydrogeologists, water supply specialists.

The book with 44 tables, 5 illustrations and a list of 68 references.

Редакционная коллегия сводного тома

Ефимов А. И.
Роговская Н. В.
Сидоренко А. В.
Смирнов С. И.
Толстихин Н. И.
Фомин В. М.
Чуринов М. В.
Яроцкий Л. А.

Редакционная коллегия 3-го выпуска

Автыпко Б. Е.
Биндеман Н. Н.
Никитин М. Р.
Роговская Н. В.
Язвин Л. С. (отв. редактор)

Г 20806—158
043(01)—77

© Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО), 1977

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие. Л. С. Язвин 9

Глава I. Классификация ресурсов и запасов подземных вод и основные положения методики их оценки 12

Понятие о видах запасов и ресурсов подземных вод и их классификация. Л. С. Язвин 12

Типизация месторождений подземных вод. Л. С. Язвин, Б. В. Боревский . 15

Основные положения методики региональной оценки эксплуатационных ресурсов подземных вод. Л. С. Язвин, Б. В. Боревский 20

Глава II. Характеристика эксплуатационных ресурсов пресных, солоноватых и соленых (пригодных для опреснения) подземных вод гидрогеологических районов СССР 35

Гидрогеологические области платформ 36

Восточно-Европейская (Русская) гидрогеологическая область 36

Балтийско-Польский артезианский бассейн. В. Д. Гродзенский 37

Средне-Русский артезианский бассейн. М. Н. Коляда 46

Восточно-Русский артезианский бассейн. М. П. Полканов 57

Каспийский артезианский бассейн. М. А. Хордикайнен 67

Днепровско-Донецкий артезианский бассейн. М. Н. Коляда 72

Причерноморский артезианский бассейн. М. Н. Коляда 76

Балтийский бассейн трещинных вод. М. Н. Коляда 79

Украинский бассейн трещинных вод. Б. В. Боревский 80

Донецкий бассейн трещинных вод. М. Н. Коляда 83

Туранская гидрогеологическая область. М. А. Хордикайнен 86

Западно-Сибирская гидрогеологическая область. А. И. Кончакова . . . 95

Восточно-Сибирская гидрогеологическая область. В. Д. Гродзенский . . 104

Гидрогеологические складчатые области 108

Карпатско-Крымско-Кавказская гидрогеологическая складчатая область Л. С. Язвин 108

Кавказская часть складчатой области 109

Крымская часть складчатой области 118

Карпатская часть складчатой области 121

Копет-Дагско-Большебалханская гидрогеологическая складчатая область. М. А. Хордикайнен 123

Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирская гидрогеологическая складчатая область. К. И. Сычев 127

Центрально-Казахстанская гидрогеологическая складчатая область. К. И. Сычев 144

Тимано-Уральская гидрогеологическая складчатая область. М. Н. Коляда . 152

Уральская гидрогеологическая система 153

Тиманская гидрогеологическая система 156

Печорская гидрогеологическая система 157

Саяно-Алтайско-Енисейская гидрогеологическая складчатая область. А. И. Кончакова 160

Восточно-Сибирская гидрогеологическая складчатая область. А. И. Кончакова 165

Зее-Буреинская и Сихотэ-Алинская гидрогеологические складчатые области. А. И. Кончакова 168

Корякско-Камчатско-Курильская гидрогеологическая складчатая область. В. Д. Гродзенский 173

Сахалинская гидрогеологическая складчатая область. А. И. Кончакова . . 174

Таймырская, Нансена, Восточная, Верхояно-Чукотская гидрогеологические складчатые области. В. Д. Гродзенский 178

Глава III. Общие закономерности формирования и распределения эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых вод и перспективы их использования на территории СССР 180

Закономерности формирования и распределения эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых подземных вод. Л. С. Язвин, М. Н. Коляда . . 180

Стр.

Краткая характеристика закономерностей распространения основных типов месторождений пресных и солоноватых подземных вод. Л. С. Язвин . . 190
Общая характеристика изученности и использования эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых подземных вод. М. Н. Коляда, Л. А. Субботина 193
Глава IV. Эксплуатационные ресурсы минеральных, термальных и промышленных вод 209
Ресурсы минеральных вод. Л. А. Яроцкий 209
Ресурсы термальных вод. Б. Ф. Мавринский 224
Ресурсы промышленных вод. С. С. Бондаренко 248
Глава V. О взаимосвязи ресурсов различных типов подземных вод и влиянии их отбора на ресурсы поверхностных вод. Л. С. Язвин 266
Заключение. Л. С. Язвин 270
Список литературы 272
Указатель 276

CONTENTS

	Page
Preface. L. S. Yazvin	9
Chapter I. Classification of ground-water reserves and resources and the basic principles of the technique for their evaluation	12
Concept of the types of ground-water reserves and resources and their classification. L. S. Yazvin	12
Typification of ground-water deposits. L. S. Yazvin, B. V. Borevsky	15
Basic principles of the technique for regional evaluation of exploitation ground-water resources. L. S. Yazvin, B. V. Borevsky	20
Chapter II. Characterization of exploitation resources of fresh, brackish and salt ground waters (suitable for demineralization) in the USSR hydrogeological regions	35
Hydrogeological regions of platforms	36
East European (Russian) hydrogeological region	36
Baltic-Polish artesian basin. V. D. Grodzensky	37
Middle Russian artesian basin. M. N. Kolyada	46
East Russian artesian basin. M. P. Polkanov	57
Caspian artesian basin. M. A. Khordikainen	67
Dneprovsk-Donetsky artesian basin. M. N. Kolyada	72
Prechernomorsky artesian basin. M. N. Kolyada	76
Baltic basin of fissure water. M. N. Kolyada	79
Ukrainian basin of fissure water. B. V. Borevsky	80
Donetsky basin of fissure water. M. N. Kolyada	83
Turanian hydrogeological region. M. A. Khordikainen	86
West-Siberian hydrogeological region. A. I. Konchakova	95
East-Siberian hydrogeological region. V. D. Grodzensky	104
Hydrogeological folded regions	108
Carpathian and Crimea-Caucasus hydrogeological folded region. L. S. Yazvin	108
Caucasus part of folded region	109
Crimean part of folded region	118
Carpathian part of folded region	121
Kopet Dag-Boljshebalkhansky hydrogeological folded region. M. A. Khordikainen	123
Tien Shan-Dzhungar-Pamir hydrogeological folded region. K. I. Sychev	127
Central Kazakhstan hydrogeological folded region. K. I. Sychev	144
Timan-Ural hydrogeological folded region. M. N. Kolyada	152
Ural hydrogeological system	153
Timan hydrogeological system	156
Pechorian hydrogeological system	157
Sayany-Altai-Enisei hydrogeological folded region. A. I. Konchakova	160
East-Siberian hydrogeological folded region. A. I. Konchakova	165
Zeya-Bureinn and Sikhote Alin hydrogeological folded regions. A. I. Konchakova	168
Koryak-Kamchatka-Kuril hydrogeological folded regions V. D. Grodzensky	173
Sakhalin hydrogeological folded region. A. I. Konchakova	174
Taimyr, Nansena, Eastern, Verkhoyansk-Chukotsky hydrogeological folded regions. V. D. Grodzensky	178
Chapter III. General regularities of formation and distribution of exploitation resources of fresh and brackish ground waters and perspectives of their utilization	180
Regularities of formation and distribution of exploitation resources of fresh and brackish ground waters on the USSR territory. L. S. Yazvin, M. N. Kolyada	180
Brief characterization of the regularities of distributing the main types of fresh and brackish ground-water deposits on the USSR territory. L. S. Yazvin	190

Page

General characterization of study and usage of exploitation fresh and brackish ground-water resources. M. N. Kolyada, L. A. Subbotina 193
Chapter IV. Exploitation resources of mineral, thermal and industrial waters 209
Mineral water resources. L. A. Yarotsky 209
Thermal water resources. B. F. Mavritsky 224
Industrial water resources. S. S. Bondarenko 248
Chapter V. On the interconnection of different type groundwater resources and the influence of their withdrawal on surface water resources. L. S. Yazvin 266
Conclusions 270
References 272
List of definition of terms used in text 276

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние десятилетия во многих странах мира все более возрастает интерес к проблемам правильного, рационального использования водных ресурсов. Непрерывный рост потребности в воде для бытовых нужд, промышленных и сельскохозяйственных объектов, интенсивное загрязнение поверхностных и подземных вод, влияние отбора подземных вод на окружающую среду выдвигают важнейшую проблему охраны природных ресурсов вообще и водных ресурсов в частности.

В СССР вопросы рационального использования водных ресурсов и их охраны от загрязнения и истощения нашли отражение в принятом Верховным Советом СССР законе «Основы водного законодательства СССР». Ресурсы подземных вод, являющиеся частью общих водных ресурсов, имеют в Советском Союзе важное практическое значение и широко используются для водоснабжения и орошения, бальнеологических целей, тепло- и энергоснабжения, а также для извлечения полезных компонентов (например, иода и брома). В связи с этим по характеру использования в подземной гидросфере обычно выделяют следующие типы вод.

Пресные (до 1 г/л), солоноватые (до 10 г/л) и соленые (до 35 г/л) воды, применяемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения, водопоя скота и орошения. При этом в соответствии с кондициями для удовлетворения ряда нужд (например, хозяйственно-питьевого водоснабжения) солоноватые и соленые воды могут быть использованы только после их опреснения.

Минеральные воды, применяемые в бальнеологических целях.

Термальные воды, используемые для теплоснабжения и в некоторых случаях для получения электроэнергии.

Промышленные воды, применяемые для получения из них ценных компонентов, используемых в промышленности и сельском хозяйстве.

Изучение ресурсов этих различных типов подземных вод на территории СССР началось сравнительно давно, но до начала 60-х годов ресурсы оценивались в основном на отдельных небольших участках, где это оказывалось необходимым для водоснабжения того или иного города, промышленного объекта, развития существующего или строительства нового курорта и т. п. Однако бурный рост потребностей в воде, увеличивающиеся масштабы ее использования и концентрация крупных водозаборов вызвали необходимость в региональной количественной оценке ресурсов подземных вод отдельных природных районов и всей страны в целом. Особенно большое значение этот вопрос имел для подземных вод, используемых для водоснабжения, в меньшей степени это касалось минеральных вод в связи с небольшими масштабами их использования, хотя для ряда районов (например, Кавказских минеральных вод) эта задача в настоящее время является актуальной.

Работы по региональной оценке естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод, которые могут быть использованы для водоснабжения и орошения, были начаты в 1961 г. в связи с составлением Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР. В работе по оценке приняли участие все территориальные геологические управления Министерства геологии СССР, и она

послужила гидрогеологическим обоснованием Генеральной схемы. В дальнейшем была проведена региональная оценка эксплуатационных ресурсов термальных и промышленных вод, а для минеральных вод уточнены основные закономерности формирования различных типов вод на территории СССР.

Проведенные исследования сыграли важную роль как в развитии гидрогеологической науки, так и в решении крупных практических задач. Выявленные закономерности формирования месторождений различных типов подземных вод и их ресурсов являются одной из научных основ проведения поисково-разведочных работ на подземные воды и планирования размещения производительных сил.

Дальнейшее углубление и расширение знаний о ресурсах подземных вод проходило при составлении многотомной монографии «Гидрогеология СССР», где были подведены итоги регионального изучения гидрогеологических условий рассматриваемых территорий и, в частности, определены закономерности формирования, современное и перспективное использование подземных вод в различных отраслях народного хозяйства. Однако в связи с тем, что отдельные тома монографии были составлены по территориально-административному признаку, они не могли дать характеристики ресурсов подземных вод крупных естественноисторических районов и всей страны в целом. Задача данной работы, являющейся выпуском 3 сводного тома монографии «Гидрогеология СССР» состоит в характеристике закономерностей формирования и распространения ресурсов различных типов подземных вод на территории СССР и крупных естественноисторических районов, а также в оценке степени их изученности, современного и перспективного использования подземных вод в народном хозяйстве.

При составлении выпуска 3 сводного тома в основном использованы данные томов по отдельным регионам страны с учетом новых материалов, полученных при разведках подземных вод, обследовании действующих водозаборов, проведении прогнозных оценок эксплуатационных ресурсов ряда перспективных районов. В отдельных случаях в приведенную в региональных томах прогнозную оценку эксплуатационных ресурсов вносились некоторые коррективы для выработки общего подхода к оценке ресурсов и получения сопоставимых по отдельным районам цифр.

Работа состоит из пяти глав. В главе I, являющейся научной основой региональной оценки ресурсов, дается характеристика основных видов ресурсов и запасов подземных вод и их классификации, приводится типизация месторождений подземных вод и характеристика основных источников формирования эксплуатационных ресурсов в различных природных условиях, излагаются основные положения методики региональной оценки естественных и эксплуатационных ресурсов. Глава заканчивается характеристикой утвержденного редакционной коллегией сводных томов монографии гидрогеологического районирования, в соответствии с которым в следующих главах приводится описание эксплуатационных ресурсов различных типов вод.

В главе II, являющейся основной частью работы, приводится характеристика эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых (в отдельных случаях и соленых) подземных вод по естественноисторическим районам. В каждом районе рассматриваются источники формирования эксплуатационных ресурсов (в том числе и естественные ресурсы подземных вод), их общие величины, современное и перспективное использование, степень изученности эксплуатационных ресурсов. Характеризуются преобладающие типы месторождений подземных вод и закономерности их формирования.

В главе III эти вопросы рассматриваются для территории всей страны. Последовательно охарактеризованы закономерности формирования эксплуатационных ресурсов пресных, солоноватых и соленых подземных вод, степень изученности (разведанности) ресурсов, современное использование подземных вод и его дальнейшие перспективы.

В главе IV рассматриваются минеральные, термальные и промышленные воды. В связи с тем, что все выделенные типы вод являются частью единой гидросферы, в главе V кратко характеризуются вопросы возможного взаимодействия различных типов подземных вод при их совместной эксплуатации. Рассматривается также важный вопрос об оценке влияния отбора подземных вод на поверхностный сток, что необходимо учитывать при составлении схем комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Следует отметить, что региональные оценки эксплуатационных ресурсов различных типов подземных вод, результаты которых изложены в настоящей работе, явились первым опытом в мировой практике. В конце 60-х годов для пресных вод такая работа была выполнена совместно болгарскими и советскими гидрогеологами по территории Народной Республики Болгарии. В настоящее время аналогичные исследования проводятся и в других социалистических странах.

В большей части капиталистических стран даже в тех случаях, когда современное использование подземных вод достигает значительных размеров, региональная оценка их эксплуатационных ресурсов практически не проводится. Например, в Соединенных Штатах Америки в 1968 г. был опубликован доклад о прогнозном использовании водных и земельных ресурсов на период до 2020 г., где, в частности, определено прогнозное использование подземных вод на орошение, коммунальное водоснабжение городов, водоснабжение сельскохозяйственных объектов и промышленное водоснабжение. Однако общей величины прогнозных ресурсов подземных вод в нем не приводится.

Составление и подготовка к изданию настоящего выпуска выполнены Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО).

При подготовке работы к изданию большая помощь была оказана В. Д. Бабушкиным, А. С. Китицыной и С. М. Семеновой, которым авторы выражают глубокую благодарность.

Глава I

КЛАССИФИКАЦИЯ РЕСУРСОВ И ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ИХ ОЦЕНКИ

ПОНЯТИЕ О ВИДАХ ЗАПАСОВ И РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Подземные воды, пригодные для использования в народном хозяйстве, следует рассматривать как полезное ископаемое. Однако в отличие от других полезных ископаемых (твердых, нефти и газа) подземные воды имеют ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать при оценке перспектив их использования в народном хозяйстве.

Отличительной и главной особенностью запасов подземных вод по сравнению с запасами других полезных ископаемых является их возобновляемость. Подземные воды — единственное полезное ископаемое, в процессе эксплуатации которого во многих случаях происходит не только его расходование, но и дополнительное формирование, вызванное усилением питания подземных вод. Источниками такого дополнительного питания могут служить и поверхностные воды, и подземные воды смежных с эксплуатируемым водоносных горизонтов, и уменьшение испарения подземных вод при понижении их уровня. Формирование запасов подземных вод может происходить также в результате проведения различных водохозяйственных мероприятий (гидротехнического строительства, орошения), при создании специальных «фабрик» подземных вод*.

Другая существенная особенность подземных вод связана с их подвижностью и тесной взаимосвязью с окружающей средой. Эта взаимосвязь находит отражение в граничных условиях (взаимосвязь подземных и поверхностных вод, условия питания и разгрузки подземных вод). Граничные условия проявляются в процессе эксплуатации водозаборов и во многом определяют возможность использования подземных вод, в то время как влияние внешней среды на месторождения твердых полезных ископаемых проявляется в течение геологического времени.

Следует отметить еще одну важную особенность подземных вод, связанную с оценкой перспектив их использования. Она заключается в том, что рациональный отбор подземных вод в определенных условиях зависит не столько от количества воды, находящейся в пласте, и от количества воды, поступающей в пласт в естественных условиях, сколько от фильтрационных свойств водовмещающих пород, определяющих сопротивление движению подземных вод к водозаборным сооружениям.

Перечисленные основные особенности подземных вод, отличающие их от других полезных ископаемых, предопределили необходимость выделения нескольких понятий, характеризующих: а) количество воды, находящейся в водоносном горизонте; б) количество воды, поступаю-

---

* Разумеется, речь идет о формировании запасов только пресных и слабосолоноватых вод, а не промышленных, минеральных и термальных.

щей в водоносный горизонт в естественных условиях при проведении водохозяйственных мероприятий, а также в связи с эксплуатацией; в) количество воды, которое может быть отобрано рациональными водозаборами для народного хозяйства.

Другими словами, если при оценке перспектив использования твердых полезных ископаемых, нефти и газа достаточно одного понятия — «запасы полезного ископаемого», то для подземных вод одно это понятие не может полностью охарактеризовать возможность их рациональной эксплуатации.

Напомним, что под запасами полезного ископаемого понимается весовое его количество, заключенное в земных недрах.

Для подземных вод кроме запасов, как отмечено выше, следует учитывать их питание. На это еще в начале 30-х годов указывал один из основоположников отечественной гидрогеологии Ф. П. Саваренский, который предложил различать «запасы» подземных вод и их «ресурсы», понимая под последними «обеспечение в водном балансе данного района поступления подземных вод». Вопросам классификации запасов и ресурсов подземных вод посвящена обширная гидрогеологическая литература. Наиболее полные сведения по этим вопросам содержатся в работах Ф. М. Бочевера (1957, 1961), Б. И. Куделина (1960).

В настоящей работе мы не будем обсуждать классификации, предложенные различными авторами, тем более, что различие между многими из них носит в основном терминологический характер. Остановимся только на характеристике важнейших понятий, приняв за основу терминологию, предложенную Н. Н. Биндеманом (1963) и использованную при составлении отдельных томов монографии «Гидрогеология СССР».

Запасы и ресурсы подземных вод могут быть подразделены на:

1) естественные запасы и ресурсы;
2) искусственные запасы и ресурсы;
3) привлекаемые ресурсы;
4) эксплуатационные запасы и ресурсы*.

Естественные запасы — масса гравитационной воды в пласте в естественных условиях. Ту часть этой массы, которую можно извлечь из пласта при снижении давления за счет упругого расширения воды и сжатия породы (уменьшения пористости), принято называть упругими запасами.

При оценке запасов подземных вод для водоснабжения естественные запасы целесообразно выражать в единицах объема.

Естественные ресурсы — количество воды, поступающей в водоносный горизонт в естественных условиях в результате инфильтрации атмосферных осадков, фильтрации из рек и озер, перетекания из выше- и нижележащих горизонтов, притока со смежных территорий. Естественные ресурсы водоносного горизонта равны сумме всех приходных элементов баланса данного горизонта. Они выражаются в единицах расхода и могут быть также определены по сумме всех расходных элементов баланса (испарение, транспирация растительностью, родниковый сток, фильтрация в реки, озера и перетекание в смежные горизонты).

---

* Используемые в настоящей работе термины не принимаются всеми гидрогеологами. Часто термину «естественные запасы» соответствуют в литературе термины «статические», «вековые», «геологические», «запасы», а «естественным ресурсам» — «динамические запасы», «расход подземного потока».

Искусственные запасы — это объем подземных вод в пласте, накопившихся в результате орошения, подпора водохранилищами или фильтрации из них, искусственного восполнения подземных вод (магазинирование).

Искусственные ресурсы — количество воды, поступающей в водоносный горизонт в результате фильтрации из каналов и водохранилищ, орошения, а также проведения мероприятий по искусственному питанию подземных вод.

Привлекаемые ресурсы — увеличение питания подземных вод при эксплуатации водозаборов в связи с возникновением или усилением фильтрации из рек, озер, перетеканием из смежных, обычно вышерасположенных водоносных горизонтов.

Понятия «эксплуатационные запасы» и «эксплуатационные ресурсы» подземных вод являются в сущности синонимами. Под ними понимается то «количество подземных вод, которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и качестве воды, удовлетворяющем требованиям в течение всего расчетного срока потребления» («Инструкция...», 1962). Эта величина, таким образом, представляет собой производительность водозабора и выражается в единицах расхода (обычно в $м^3$/сут). Поэтому более логичным было бы использование только термина «эксплуатационные ресурсы». Но так как для всех других полезных ископаемых принят термин «запасы», и они утверждаются Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ), при рассмотрении возможностей использования подземных вод в народном хозяйстве обычно применяется термин «эксплуатационные запасы». Он принят в официальных документах (классификация эксплуатационных запасов и инструкция ГКЗ по ее применению). В то же время при региональной оценке запасов и ресурсов подземных вод более точен термин «эксплуатационные ресурсы», так как в этом случае ресурсы подземных вод рассматриваются как часть общих водных ресурсов.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод того или иного региона определяются не только гидрогеологическими условиями, но и схемой эксплуатации (размещением водозаборов, расстояниями между ними, расходами отдельных водозаборов). В связи с этим Н. Н. Биндеман (1972) предложил выделить два понятия: «потенциальные эксплуатационные ресурсы» и «прогнозные эксплуатационные ресурсы». Под потенциальными эксплуатационными ресурсами следует понимать ресурсы подземных вод, которые могут быть получены при размещении водозаборов по всей площади распространения водоносного горизонта и при расстояниях между водозаборами, обеспечивающими полное использование естественных, привлекаемых и искусственных запасов и ресурсов подземных вод с учетом заданного понижения уровня и принятой длительности эксплуатации. В отличие от потенциальных прогнозные эксплуатационные ресурсы соответствуют определенной схеме размещения водозаборных сооружений. Потенциальные ресурсы характеризуют максимальное количество воды, которое может быть отобрано из водоносного горизонта. Так как водовмещающие породы обладают фильтрационными сопротивлениями, прогнозные ресурсы, соответствующие определенной схеме расположения водозаборов, обычно меньше потенциальных, и только в отдельных случаях прогнозные ресурсы могут достигать величины потенциальных. Долю возможного использования потенциальных ресурсов при той или иной схеме расположения водозаборов Н. Н. Биндеман (1973) предложил называть прогнозным коэффициентом использования подземных вод.

В общем случае эксплуатационные ресурсы (запасы) подземных вод связаны с другими видами запасов и ресурсов следующим балансовым соотношением (Биндеман, Язвин, 1970):

$$Q_э = \alpha_1 Q_е + \alpha_2 \frac{V_е}{t} + \alpha_3 Q_и + \alpha_4 \frac{V_и}{t} + Q_{пр}, \qquad (I.1)$$

где $Q_э$ — эксплуатационные ресурсы (запасы);

$Q_е$ и $Q_и$ — соответственно естественные и искусственные ресурсы;

$V_е$ и $V_и$ — соответственно естественные и искусственные запасы;

$Q_{пр}$ — привлекаемые ресурсы;

t — время, на которое рассчитываются эксплуатационные ресурсы;

α_1, α_2, α_3, α_4 — соответственно коэффициенты использования естественных ресурсов, естественных запасов, искусственных ресурсов, искусственных запасов.

Безусловно, что при различных гидрогеологических условиях в формировании эксплуатационных ресурсов (запасов) подземных вод будут превалировать те или иные виды запасов или ресурсов, что подробно будет рассмотрено в следующем разделе.

Эксплуатационные ресурсы (запасы) подземных вод могут быть обеспечены источниками формирования или на определенный ограниченный срок эксплуатации, или на неограниченное время. В последнем случае источником формирования эксплуатационных ресурсов являются естественные и искусственные ресурсы, а также привлекаемые ресурсы (если они в свою очередь обеспечены на неограниченный срок эксплуатации), так как при $t \to \infty$ второй и четвертый члены в правой части уравнения стремятся к нулю.

Несомненно, что при решении различных народнохозяйственных проблем, связанных с использованием подземных вод, первостепенное значение имеет оценка эксплуатационных ресурсов (запасов) подземных вод. Только величина эксплуатационных ресурсов (запасов) позволяет судить о возможности и целесообразности использования подземных вод. Однако определенный интерес представляет подсчет и других видов запасов и ресурсов подземных вод. Это необходимо и для оценки отдельных источников формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод, и для количественной характеристики водоносных горизонтов и структур в естественных условиях.

ТИПИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Выше отмечено, что подземные воды, используемые в народном хозяйстве, следует рассматривать как полезные ископаемые. В связи с этим, оценивая условия формирования эксплуатационных ресурсов (запасов) подземных вод в той или иной гидрогеологической обстановке, целесообразно выделять так называемые месторождения подземных вод. Впервые в гидрогеологической практике термин «месторождение» был предложен А. М. Овчинниковым (1934) для минеральных вод. При этом под месторождением минеральных вод он понимал «пространственно оконтуриваемые скопления воды определенного состава (отвечающего установленным кондициям) в количествах, достаточных для экономически целесообразного использования». Кроме того, А. М. Овчинников отметил, что в отличие от месторождений твердых полезных ископаемых месторождения минеральных вод являются динамическими,

а контуры их постоянно изменяются под влиянием естественных и искусственных факторов.

Идея А. М. Овчинникова применительно к пресным водам, используемым для водоснабжения и орошения, была поддержана Г. Н. Каменским (1947) и развита Н. И. Плотниковым (1959), который предложил первую типизацию месторождений подземных вод.

Термин «месторождение» применительно к подземным водам обладает определенной условностью, на что указывал ряд специалистов-гидрогеологов, в том числе и предложившие его для практического применения.

Действительно, в связи с подвижностью воды нельзя выделять месторождения подземных вод как «оконтуренные скопления», так как водоносные пласты в гидродинамическом отношении представляют собой единую систему и запасы подземных вод, эксплуатируемых водозабором, формируются далеко за пределами участка его размещения (и во многих случаях при этом постоянно возобновляются).

Тем не менее многолетняя практика разведки и оценки запасов подземных вод подтвердила «жизнеспособность» и практическую полезность использования понятия «месторождение» при систематизации материалов поисков и разведок подземных вод и усовершенствовании их методики.

Однако определение этого понятия нуждается в настоящее время в некоторой корректировке, исключающей упоминание о «скоплении» или «накоплении» подземных вод. С учетом таких коррективов определение месторождения подземных вод может быть дано в следующем виде. Месторождениями подземных вод называются участки водоносных горизонтов или комплексов, в пределах которых под влиянием естественных или искусственных факторов создаются благоприятные условия для отбора подземных вод определенного состава, отвечающего установленным кондициям, в количестве, достаточном для экономически целесообразного их использования. В таком определении в отличие от предлагаемых ранее вместо участков «скопления» («накопления») подземных вод рассматриваются участки, в пределах которых создаются условия для отбора подземных вод.

По геолого-гидрогеологическим условиям, определяющим масштабы месторождений подземных вод, методику проведения поисково-разведочных работ и оценки эксплуатационных запасов, месторождения пресных и солоноватых подземных вод, используемых для водоснабжения и орошения, могут быть подразделены на следующие основные типы (Язвин, Боревский, 1974).

1. Месторождения речных долин.
2. Месторождения артезианских бассейнов платформенного типа.
3. Месторождения конусов выноса предгорных шлейфов и межгорных впадин.
4. Месторождения ограниченных по площади структур или массивов трещиноватых и трещинно-карстовых пород и зон тектонических нарушений.
5. Месторождения артезианских бассейнов складчатых областей.
6. Месторождения песчаных массивов.
7. Месторождения межморенных флювиогляциальных отложений.
8. Месторождения в области развития многолетнемерзлых пород.

Распределение различных типов месторождений подземных вод на территории СССР и их практическая значимость будут рассмотрены в гл. III.

Перейдем к характеристике выделенных типов месторождений пресных вод и их дальнейшему делению по источникам формирования.

1. Месторождения подземных вод речных долин. В зависимости от строения речных долин и источников формирования эксплуатационных запасов подземных вод месторождения этого типа могут быть подразделены на следующие подтипы.

А. Месторождения приурочены к водоносным горизонтам в аллювиальных, иногда в коренных отложениях, если последние непосредственно прорезаются руслом реки. По условиям формирования эксплуатационных запасов среди них выделяются две группы;

а) месторождения, где эксплуатационные запасы полностью обеспечиваются поверхностным стоком реки;

б) месторождения, где в меженный период или в течение цикла маловодных лет эксплуатационные запасы полностью или частично формируются за счет сработки естественных запасов (осушение горизонта), а в период паводков происходит восполнение сработанных запасов. Такие условия характерны для промерзающих или пересыхающих рек и рек с небольшими меженными расходами.

Б. Месторождения приурочены к водоносным горизонтам, заключенным, как правило, в коренных трещиноватых породах и отделенных от реки слабопроницаемым слоем или другими водоносными горизонтами. В последнем случае водоносные горизонты могут быть разделены слабопроницаемыми отложениями. По условиям формирования эксплуатационных запасов в этом подтипе также могут быть выделены две группы:

а) месторождения, где эксплуатационные запасы полностью обеспечиваются поверхностным стоком, но поступление поверхностных вод в водоносный горизонт происходит через перекрывающие его водоносные или слабопроницаемые отложения;

б) месторождения, где в меженный период либо в течение цикла маловодных лет эксплуатационные запасы формируются в основном за счет естественных запасов (осушения) вышележащих отложений, питание за счет поверхностного стока в этот период практически отсутствует, в паводок происходит полное или частичное восполнение сработанных запасов при заливе поймы либо при фильтрации в берега.

В. Месторождения приурочены к древней погребенной долине. Основными источниками формирования эксплуатационных запасов являются естественные запасы (в том числе и упругие), в отдельных случаях значительную роль в их формировании могут играть естественные ресурсы.

2. Месторождения подземных вод артезианских бассейнов платформенного типа. Месторождения этого типа в зависимости от их положения по отношению к границам бассейна подразделяются на следующие подтипы.

А. Месторождение расположено в центральных частях бассейна. В процессе эксплуатации воронка депрессии не распространяется до границ водоносного горизонта в области его выхода на поверхность. Месторождение может быть приурочено как к одному водоносному горизонту, так и к нескольким, либо к слоистой водоносной толще.

По условиям формирования эксплуатационных запасов подземных вод выделяются две группы месторождений:

а) месторождения, где эксплуатационные запасы формируются только за счет упругих запасов пласта, а другие источники питания водозаборов (перетекание из других горизонтов через слабопроницаемые отложения, упругое отжатие из глин) либо отсутствуют, либо их роль весьма мала;

б) месторождения, где эксплуатационные запасы формируются в значительной мере за счет перетекания из вышележащих водоносных

ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
Шифр
Инв. № 34615
1

горизонтов через гидрогеологические окна в водоупорных породах или через слабопроницаемые отложения, упругие запасы имеют подчиненное значение.

Б. Месторождение расположено в краевой зоне артезианского бассейна. В этих условиях формирование эксплуатационных запасов может происходить за счет: сработки естественных запасов (осушения пласта) в области его выхода на поверхность; осушения водоносных пород, перекрывающих эксплуатируемый водоносный горизонт; перетекания подземных вод из вышележащих водоносных горизонтов через гидрогеологические окна или слабопроницаемые отложения; привлечения поверхностного стока; естественных ресурсов подземных вод, разгрузка которых в ненарушенных условиях происходила в зоне развития депрессионной воронки.

3. Месторождения подземных вод конусов выноса предгорных шлейфов и межгорных впадин. Эксплуатационные запасы этих месторождений формируются главным образом за счет естественных ресурсов подземных вод, разгрузка которых до эксплуатации происходила путем родникового стока либо испарения. Существенную роль в формировании запасов могут также играть естественные запасы, а в районах орошения — фильтрация из оросительной сети. При расположении водозаборов в нижних частях конусов выноса (в напорной зоне) определенное значение могут иметь упругие запасы и перетекание из вышележащих, неэксплуатируемых горизонтов.

4. Месторождения подземных вод ограниченных по площади структур и массивов трещинных и трещинно-карстовых вод и зон тектонических нарушений. Месторождения этого типа характеризуются большим разнообразием и значительной сложностью геолого-гидрогеологических условий. В зависимости от источников формирования эксплуатационных запасов рассматриваемые месторождения могут быть подразделены на два подтипа.

А. Месторождения, не связанные с поверхностными водотоками. Для этой группы месторождений основными источниками формирования эксплуатационных запасов являются естественные запасы и естественные ресурсы подземных вод, разгрузка которых в ненарушенных условиях происходила в пределах структуры. В отдельных случаях эксплуатационные запасы могут формироваться только либо за счет первой, либо второй составляющей. Естественные запасы вовлекаются в эксплуатацию не только путем осушения основного пласта-коллектора, к которому приурочено месторождение, но и за счет перекрывающих и окружающих его водоносных пород.

Б. Месторождения, связанные с поверхностными водотоками и водоемами. В формировании эксплуатационных запасов подземных вод основную роль здесь играют привлекаемые ресурсы (транзитный поверхностный сток). Осушение пород и сокращение естественной разгрузки имеют существенное значение лишь в меженный период. Во время паводков происходит полное или частичное восполнение сработанных естественных запасов.

5. Месторождения подземных вод артезианских бассейнов складчатых областей. По условиям формирования эксплуатационных запасов подземных вод месторождения данного типа очень близки к месторождениям краевых частей артезианских бассейнов платформенного типа. В связи с тем что эти бассейны имеют небольшие размеры, в процессе эксплуатации депрессионная воронка, как правило, достигает их краевых частей, где происходит осушение пород, а также привлечение поверхностного стока и сокращение естественной разгрузки. Кроме того, на месторождениях этого типа условия питания водозаборов обыч-

но благоприятные за счет перетекания подземных вод из вышележащих водоносных горизонтов через перекрывающие слабопроницаемые отложения.

6. Месторождения подземных вод песчаных массивов. Этот тип месторождений подразделяется на два подтипа.

А. Месторождения песчаных массивов пустынь и полупустынь. Месторождения приурочены обычно к линзам или зонам развития пресных вод среди солоноватых или соленых. Поэтому часто такие месторождения характеризуются сложными гидрохимическими условиями. Формирование эксплуатационных запасов происходит главным образом за счет осушения пласта и в меньшей степени путем привлечения естественных ресурсов. Определенную роль в отдельных случаях может играть фильтрация из поверхностных водотоков и водоемов (оросительных каналов, прудов и т. п.).

Б. Месторождения песчаных массивов заидровых равнин. Месторождения развиты в районах распространения ледниковых отложений. Подземные воды обычно грунтового типа имеют благоприятные условия питания атмосферными осадками. Формирование эксплуатационных запасов происходит в основном за счет естественных запасов подземных вод.

7. Месторождения подземных вод межморенных флювиогляциальных отложений. Месторождения характеризуются разнообразными источниками формирования эксплуатационных запасов: перетекание подземных вод из вышележащих отложений или поверхностных вод из рек и озер через опесчаненные моренные суглинки или окна размыва в них, естественные запасы, естественные ресурсы подземных вод, разгрузка которых в ненарушенных условиях происходит в пределах сформировавшейся воронки депрессии.

8. Месторождения подземных вод в области развития многолетнемерзлых пород. В этом наименее изученном типе месторождений могут быть выделены два подтипа.

А. Месторождения надмерзлотных вод. Месторождения обычно связаны с крупными таликовыми зонами главным образом в речных долинах. Основным источником формирования эксплуатационных запасов являются привлекаемые ресурсы (поверхностный сток) и естественная разгрузка. В меженный период большую роль играет сработка естественных запасов, восполнение которых происходит в период паводков.

Б. Месторождения подмерзлотных вод. В связи с наличием выдержанного водоупорного мерзлого слоя месторождения характеризуются затрудненными условиями формирования эксплуатационных запасов, которые складываются из привлекаемых запасов и ресурсов подземных вод других горизонтов или поверхностных вод. Поэтому основным источником формирования эксплуатационных запасов этого типа являются обычно упругие запасы и только при наличии сквозных таликов существенную роль может сыграть перетекание из вышележащих надмерзлотных водоносных горизонтов.

В рассмотренной типизации месторождений пресных и солоноватых вод выделение типов проведено, как и у Н. П. Плотникова (1959), в основном по геоструктурному признаку, однако последующее подразделение на подтипы и группы выполнено в зависимости от источников формирования эксплуатационных запасов.

Типизации месторождений промышленных, термальных и минеральных вод для разведки и оценки их эксплуатационных запасов были предложены Н. А. Плотниковым (1946), С. С. Бондаренко (1967),

Н. М. Фроловым, В. И. Погуляевым и Л. С. Язвиным (Фролов, Язвин, 1969), Б. Ф. Мавринским (1967), Г. С. Вартаняном (1972).

Для всех перечисленных видов вод во всех типизациях выделяются: а) месторождения артезианских бассейнов платформенного типа; б) месторождения артезианских бассейнов межгорных впадин и предгорных прогибов; в) месторождения трещинно-жильных водонапорных систем. Для промышленных вод третий тип месторождений имеет подчиненное значение. Основным источником формирования эксплуатационных запасов подземных вод на месторождениях первого типа являются упругие запасы, второго — упругие запасы и естественные ресурсы и, наконец, третьего — главным образом естественные ресурсы подземных вод.

Кроме того, выделяется несколько специфических типов: месторождения парогидротерм районов современного вулканизма, месторождения минеральных вод, приуроченные к зонам разгрузки напорных минеральных вод в вышележащие напорные или грунтовые горизонты, и некоторые другие, имеющие более второстепенное значение. Для этих типов месторождений основным источником формирования эксплуатационных ресурсов являются естественные ресурсы подземных вод. Следует отметить, что для месторождений промышленных, лечебных и термальных вод характерно формирование эксплуатационных запасов только за счет сработки естественных (главным образом упругих) запасов и естественных ресурсов. Привлечение к водозабору вод других горизонтов или поверхностных вод может привести к такому изменению химического, газового состава или температуры подземных вод, которые не будут соответствовать кондиционным требованиям. Однако для ряда месторождений термальных вод, приуроченных к артезианским бассейнам межгорных впадин и предгорных прогибов, определенное значение может иметь усиление питания в процессе эксплуатации. В этих случаях более холодные воды, поступающие в области питания, в процессе движения к водозабору приобретают температуру, отвечающую установленным кондициям.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Принципы и методика региональной оценки эксплуатационных ресурсов для различных типов подземных вод (пресных и солоноватых, термальных, промышленных) имеют много общего, хотя для каждого типа вод характерны и специфические особенности. В связи с этим более подробно охарактеризуем методику региональной оценки эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых вод, а для остальных типов вод отметим только основные особенности методики их региональной оценки.

Впервые методика региональной оценки эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых подземных вод была разработана Н. Н. Биндеманом и Ф. М. Бочевером в начале 60-х годов в связи с составлением Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР. В дальнейшем при проведении региональных оценок отдельных крупных регионов эта методика совершенствовалась и в настоящее время может быть охарактеризована следующим образом.

Региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод сводится к определению величины водоотбора из водоносных горизонтов при условии, что к концу эксплуатации величина понижения уровня подземных вод не должна превышать проектного значения, а качество воды должно удовлетворять определенным кондициям. При региональ-

ной оценке производится подсчет как потенциальных, так и прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод.

При этом оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов может проводиться в двух аспектах:

а) для выявления общих прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод с расположением условных водозаборов либо по равномерной сетке скважин на всей площади оцениваемого горизонта (артезианские бассейны, ограниченные структуры и др.), либо в виде линейного ряда (речные долины, конусы выноса);

б) для определения величины ресурсов применительно к схеме размещения конкретных водопотребителей и заявленным ими потребностям в воде.

Региональную оценку эксплуатационных ресурсов подземных вод по предложению Н. Н. Биндемана целесообразно проводить в два этапа. На первом этапе (до выявления конкретных потребителей) следует оценивать потенциальные эксплуатационные ресурсы, а также определять прогнозные эксплуатационные ресурсы (прогнозные коэффициенты использования) применительно к схеме размещения условных водозаборов (например, по равномерной сетке с различными расстояниями между водозаборами). Оценка потенциальных эксплуатационных ресурсов позволит определить максимально возможный отбор подземных вод из водоносного горизонта, что важно для характеристики общей водообеспеченности страны. Расчеты прогнозных эксплуатационных ресурсов по равномерной сетке условных водозаборов позволят охарактеризовать общие возможности использования подземных вод для водоснабжения в том или ином районе, что необходимо для перспективного планирования размещения промышленности и проведения разведочных работ на подземные воды.

На втором этапе региональная оценка должна проводиться уже с учетом схемы существующего и планируемого водопотребления и заявленных потребностей на перспективу. В результате этого этапа устанавливается принципиальная возможность использования подземных вод для тех или иных конкретных потребителей. Проектное решение по организации водоснабжения за счет подземных вод может быть принято только по результатам специальных работ, при утверждении эксплуатационных запасов подземных вод по промышленным категориям.

В СССР первый этап региональной оценки по существу был выполнен в начале 60-х годов для гидрогеологического обоснования Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов на основе разработанной Н. Н. Биндеманом и Ф. М. Бочевером (1964) методики. В результате этой работы была составлена карта модулей эксплуатационных ресурсов подземных вод масштаба 1 : 5 000 000. Под модулем эксплуатационных ресурсов М понимался расход воды (в л/с), который можно получить в среднем с 1 км² площади распространения водоносного горизонта. При данной оценке по существу были определены общие прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод при условии равномерного размещения водозаборов. В связи с малым шагом сетки (расстояние между условными водозаборами было принято равным 5 км) прогнозные ресурсы во многих случаях (главным образом для напорных вод) оказались близкими к потенциальным. В то же время из-за мелкого масштаба картирования не полностью учитывались привлекаемые ресурсы подземных вод речных долин. Ресурсы горных районов не оценивались совсем.

Примерно в эти же годы для центральной части Московского артезианского бассейна под руководством Ф. М. Бочевера впервые в СССР

была проведена региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод с учетом намечаемого расположения водозаборов и потребностей в воде на перспективу в конкретных пунктах, т. е. была выполнена работа, соответствующая второму этапу оценки.

В настоящее время в системе Министерства геологии СССР проводится региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод отдельных перспективных районов (главным образом крупных артезианских бассейнов), которая по своим задачам отвечает второму этапу. Эта работа имеет целью не только оценить эксплуатационные ресурсы (запасы) подземных вод, но и разделить их на категории по степени изученности и достоверности. В основном эксплуатационные ресурсы оцениваются по категориям C_1 и C_2, а для отдельных хорошо изученных участков и по более высоким категориям (Боревский, Язвин, 1971).

Региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод на первом этапе проводится балансовым, гидродинамическим методами и методом гидрогеологической аналогии.

Балансовый метод применяется главным образом для оценки потенциальных эксплуатационных ресурсов. При использовании балансового метода отдельные источники формирования эксплуатационных ресурсов оцениваются раздельно, а затем суммируются. В некоторых случаях, например в ограниченных структурах с высокой водопроводимостью водовмещающих пород, балансовый метод может быть использован и для оценки прогнозных эксплуатационных ресурсов. Следует отметить, что балансовый метод оценки эксплуатационных ресурсов подземных вод может применяться только для тех водоносных горизонтов, где откачками доказана возможность отбора подземных вод рациональными водозаборными сооружениями.

Гидродинамический метод на первом этапе используется для оценки прогнозных эксплуатационных ресурсов применительно к заданной равномерной сетке расположения водозаборов.

При оценке эксплуатационных ресурсов подземных вод в речных долинах, где основным источником их формирования являются привлекаемые ресурсы, а водозаборы располагаются в виде линейных рядов, гидродинамический метод применяется для оценки как потенциальных, так и прогнозных эксплуатационных ресурсов. Потенциальные ресурсы оцениваются как возможная производительность галереи, а прогнозные — как линейного ряда скважин, расход которого зависит от числа скважин и расстояния между ними. Для количественной характеристики потенциальных эксплуатационных ресурсов в этом случае целесообразно использовать линейный модуль эксплуатационных ресурсов, представляющий собой дебит условной галереи на 1 км длины реки (л/с на 1 км).

Подсчет эксплуатационных ресурсов подземных вод по гидрогеологической аналогии заключается в определении модуля эксплуатационных ресурсов (или отдельных его составляющих) на детально разведанных или эксплуатируемых участках и распространении этой величины на оцениваемую площадь, находящуюся в аналогичных гидрогеологических условиях с эталонным участком.

Для обоснованного подсчета эксплуатационных ресурсов методом аналогии важно, чтобы гидрогеологические условия и источники формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод в пределах рассматриваемой площади и эталонного участка были идентичны. Возможность использования метода аналогий определяется наличием детально разведанного участка или участка, где производится эксплуатация подземных вод (опорного аналога). Для обоснования возможности про-

ведения аналогии между опорным аналогом и оцениваемой территорией должны быть сопоставлены основные факторы, определяющие условия формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод и их величину (условия залегания водоносного горизонта, граничные условия, состав водовмещающих пород, условия питания, возможность использования привлекаемых ресурсов, характер перекрытия и состав перекрывающих отложений и пр.). При изменении некоторых расчетных параметров по сравнению с их значениями на эталонных участках (водопроводимости, допустимого понижения уровня) в величину модуля эксплуатационных ресурсов (или его составляющих) необходимо ввести коэффициент пропорциональности между величиной параметра на оцениваемом и эталонном участках по соответствующим формулам динамики подземных вод.

В зависимости от типа гидрогеологических условий (типа месторождений подземных вод) на первом этапе целесообразно использовать тот или иной метод подсчета прогнозных эксплуатационных ресурсов.

Гидродинамический метод следует использовать для оценки ресурсов на больших территориях (артезианские бассейны, крупные конусы выноса и межгорные впадины, речные долины), где возможная производительность водозаборов в значительной степени определяется схемой размещения водозаборов и расстоянием между ними. В этих условиях потенциальные эксплуатационные ресурсы могут значительно превысить прогнозные, рассчитанные при реальных расстояниях между водозаборами.

Метод аналогии может быть применен практически для любых гидрогеологических условий при наличии эталонного водозаборного или разведанного участка.

На втором этапе региональной оценки эксплуатационных ресурсов подземных вод, когда учитывается расположение конкретных потребителей и заявленная потребность, основными являются гидродинамические методы, применяемые в двух модификациях,— аналитические расчеты и аналоговое моделирование. Применение аналитических расчетов целесообразно только для относительно простых гидрогеологических условий, характеризующихся достаточно однородными фильтрационными и емкостными свойствами горных пород и простыми граничными условиями, а также при небольшом количестве действующих водозаборов. Кроме того, аналитические методы следует применять в слабо изученных районах, где возможности моделирования не могут быть реализованы из-за отсутствия необходимого фактического материала.

В сложных гидрогеологических условиях, особенно при слоистом залегании водоносных горизонтов, неоднородном строении водовмещающей среды, неравномерности питания по площади, наличии гидрогеологических окон, при сложных конфигурациях границ и изменении во времени граничных условий, большом и неравномерно распределенном по площади количестве водозаборов региональную оценку целесообразно проводить методом математического моделирования (Жернов, Шестаков, 1971; Гавич, 1970). В настоящее время математическое моделирование (главным образом аналоговое) на сеточных машинах УСМ, МСМ достаточно широко применяется при оценке эксплуатационных запасов на локальных участках (Крашин и др., 1970; Бабушкин и др., 1967; Пашковский, 1969). В последние годы этот метод стал использоваться и при региональной оценке эксплуатационных ресурсов, в частности для центральной части Московского артезианского бассейна, краевой части Днепровско-Донецкого артезианского бассейна, района КМА, Тахта-Кунырского артезианского бассейна. Применение моделирования позволяет повысить достоверность гидрогеологических

прогнозов при региональной оценке, так как принятая расчетная схема может быть откорректирована путем решения обратных и инверсных задач.

В ближайшее время должно получить развитие комплексное моделирование на гибридных машинах, использующих как аналоговую, так и цифровую вычислительную технику. В частности, с помощью комплекса «Сатурн-2» можно будет создавать постоянно действующие модели крупных артезианских бассейнов и других регионов и осуществлять оперативную переоценку эксплуатационных ресурсов и управление этими ресурсами.

В настоящей работе приводятся результаты оценки потенциальных и общих прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод, проведенной в начале 60-х годов и уточненной при составлении томов монографии «Гидрогеология СССР», и только в некоторых случаях результаты проведенной в последние годы оценки прогнозных эксплуатационных ресурсов с учетом расположения конкретных потребителей.

Рассмотрим коротко принятую при проведении региональной оценке методику определения основных источников формирования эксплуатационных ресурсов (естественных ресурсов, естественных запасов, привлекаемых ресурсов).

Основные положения методики региональной оценки *естественных ресурсов* подземных вод были разработаны Б. И. Куделиным (1960) и использованы при региональной оценке естественных ресурсов подземных вод зоны интенсивного водообмена территории СССР. Результаты этих работ нашли отражение в фундаментальной монографии «Подземный сток на территории СССР» и картах подземного стока СССР масштаба 1 : 5 000 000.

Методика оценки естественных ресурсов подземных вод достаточно широко изложена в работах Б. И. Куделина, И. С. Зекцера и др. В этих работах рассматриваются следующие методы оценки естественных ресурсов подземных вод.

1. Метод расчленения гидрографов рек на основе генетических видов питания за многолетний период по стационарным гидрометрическим створам на реках. Расчленение гидрографов рек на поверхностную и подземную составляющие производится с учетом особенностей гидрогеологических условий водосборной территории и характера гидравлической связи речных и подземных вод. В тех случаях, когда дренируемые водоносные горизонты имеют гидравлическую связь с рекой и в период весеннего половодья происходит подпор грунтовых вод, что имеет место для большинства равнинных рек, расчленение гидрографов проводится с учетом процессов берегового регулирования подземного стока. Принципы и схемы расчленения гидрографов рек при различном характере гидравлической связи речных и подземных вод подробно изложены в работе Б. И. Куделина (1960).

2. Метод определения подземного стока по изменению меженного расхода реки на участке между двумя гидрометрическими створами. Этот метод наиболее целесообразно использовать на бесприточном участке, причем, если разность расходов между нижним и верхним створами положительная, оценивается подземное питание рек, при отрицательной разности — питание подземных вод за счет речных.

3. Метод определения расхода потока в поперечном сечении пласта с использованием основных гидрогеологических параметров оцениваемых водоносных горизонтов, определенных по данным опытных работ или эксплуатации подземных вод и картам пьезометрической (свободной) поверхности. Этот метод широко применялся при оценке естествен-

ных ресурсов подземных вод в межгорных впадинах и других структурах аридной и полуаридной зон.

4. Метод определения естественных ресурсов по величине инфильтрации атмосферных осадков. При этом среднегодовая величина атмосферных осадков вычислялась по данным многолетних наблюдений на метеостанциях. Величина коэффициента инфильтрации принималась равной 0,2—0,3, что соответствует данным, которые приводятся в гидрогеологической литературе и, несомненно, являются достаточно осторожными. Этот метод определения подземного стока применялся в карстовых районах, широких речных долинах, а также в ряде артезианских бассейнов платформенного типа, где инфильтрационное питание рассчитывалось в областях выхода водовмещающих пород на поверхность.

Некоторой разновидностью этого метода является определение естественных ресурсов подземных вод артезианских бассейнов по уравнению среднего многолетнего водного баланса с использованием данных об испарении, осадках и речном стоке. Этот метод использовался для оценки подземного стока ряда артезианских бассейнов.

5. Метод расчета питания подземных вод по данным наблюдений за режимом их уровней в естественных условиях, величине амплитуды колебания уровней подземных вод и величине водоотдачи. Метод применим только для рыхлых пород, где величина недостатка насыщения по площади колеблется незначительно.

6. Метод определения естественных ресурсов по родниковому стоку. Метод использовался главным образом в горных районах, где отсутствовали данные для расчленения гидрографов рек. Естественные ресурсы определялись по среднегодовому расходу родников, которые в этих случаях характеризуют минимальную величину естественных ресурсов подземных вод зоны интенсивного водообмена. Как показывают проводимые рядом исследователей (Н. С. Зекцер и др.) сопоставления, в горных районах естественные ресурсы, определенные методом расчленения гидрографа реки, значительно превосходят естественные ресурсы, рассчитанные по модулю родникового стока.

Переходя к вопросу учета величины естественных ресурсов при оценке эксплуатационных ресурсов или, другими словами, к принципам выбора коэффициента α для формулы (I. 1) можно отметить следующее.

1. Естественные ресурсы, оцененные методами расчленения гидрографа, по уравнению среднего многолетнего водного баланса, по среднегодовому родниковому стоку соответствуют среднемноголетнему подземному стоку. Именно эта величина показана на картах подземного стока в виде среднегодовых модулей и коэффициентов подземного стока и приведена в монографии «Подземный сток на территории СССР». Эта же величина приводится в гл. II для общей характеристики естественных ресурсов отдельных гидрогеологических районов. В то же время при оценке эксплуатационных ресурсов следует учитывать только минимальный среднемесячный расход года 95%-ной обеспеченности, который обычно в несколько раз меньше среднегодового расхода. В связи с этим при оценке эксплуатационных ресурсов должна учитываться только часть естественных ресурсов, определенных по среднегодовому стоку. Это замечание не относится к естественным ресурсам, определенным по расчету расхода подземного потока, так как такой расчет дает минимальное (чаще всего заниженное) значение и в тех случаях, когда естественные ресурсы определялись по инфильтрации атмосферных осадков, причем учитывались только эффективные осадки маловодного года.

2. Естественные ресурсы подземных вод, рассчитанные по расчленению гидрографа рек (в зоне активного водообмена) или по уравнению среднего многолетнего водного баланса (для артезианских бассейнов), соответствуют подземному стоку всех водоносных горизонтов, в то время как оценка эксплуатационных ресурсов проводится только по основным горизонтам. Ряд водоносных горизонтов, формирующих сток, в связи с небольшой их мощностью либо невысокими фильтрационными свойствами, либо по другим причинам не могут быть использованы в настоящее время для водоснабжения.

3. В горных районах эксплуатационные ресурсы подземных вод по существу определяются минимальным среднемесячным дебитом родников в маловодный период, причем только тех родников, которые целесообразно каптировать (дебит превышает несколько литров в секунду). Как отмечено выше, естественные ресурсы здесь, рассчитанные по гидрографу, во много раз больше родникового стока. В связи с этим в горных районах также невозможно при оценке эксплуатационных ресурсов полностью учесть естественные ресурсы.

4. Степень использования естественных ресурсов определяется также водопроводимостью водоносного горизонта, величиной допустимого понижения уровней и расстоянием между водозаборами. При этом она уменьшается с уменьшением водопроводимости и допустимого понижения и увеличением расстояний между водозаборами.

Как следует из вышеизложенного, определение степени использования естественных ресурсов подземных вод во многом зависит от принятого метода их расчета. В тех случаях, когда естественные ресурсы устанавливались по расходу потока подземных вод или по величине инфильтрации эффективных атмосферных осадков года 95%-ной обеспеченности, а также по минимальному родниковому стоку, при оценке эксплуатационных ресурсов подземный сток учитывался полностью. При оценке естественных ресурсов методом расчленения гидрографа или по уравнению многолетнего водного баланса в обоснование эксплуатационных ресурсов принималась только часть естественных. Коэффициент использования естественных ресурсов в этих случаях устанавливался в каждом конкретном районе в зависимости от гидрогеологических условий и степени изученности водоносных горизонтов. Обычно коэффициент использования принимался равным 0,1—0,3, в некоторых случаях до 0,5—0,7. В связи с этим в следующей главе при характеристике той части естественных ресурсов, которая учитывалась при оценке эксплуатационных ресурсов, по отдельным районам приводится принятый коэффициент их использования.

Для определения модуля восполняемой части эксплуатационных ресурсов естественные ресурсы, принятые в их обеспечение, относились ко всей площади распространения оцениваемого водоносного горизонта.

В отношении использования естественных запасов подземных вод и учета их при региональной оценке эксплуатационных ресурсов существуют различные точки зрения. Так, высказывались предложения о недопустимости вообще отбора подземных вод с использованием их естественных запасов. Предлагалась и другая крайняя точка зрения — о полном учете всех естественных запасов при оценке эксплуатационных ресурсов подземных вод.

Несомненно, что как тот, так и другой подход являются неправомерными и могут неправильно ориентировать развитие водоснабжения городов, промышленности и сельского хозяйства страны за счет подземных вод. К решению вопроса о допустимости использования естественных запасов подземных вод и их сработки в течение определенного

расчетного срока эксплуатации следует подходить с учетом перспектив использования всех видов водных ресурсов и технико-экономических соображений. Отбор естественных запасов подземных вод в ряде случаев может позволить на достаточно длительное время отказаться от крупных капиталовложений в строительство плотин, каналов и т. п. (как было, например, с развитием водоснабжения Джезказганского промышленного района). Кроме того, следует учитывать, что при осушении водоносных горизонтов во многих случаях увеличивается питание подземных вод за счет привлекаемых ресурсов.

При решении вопроса о степени использования естественных запасов необходимо помнить, что величина возможного отбора подземных вод определяется не только самой величиной естественных запасов, но и фильтрационными сопротивлениями в водоносном пласте, возникающими в процессе движения воды к водозаборным сооружениям, в чем и заключается коренное различие гидравлики подземных и поверхностных вод.

В связи с этим нельзя, как правильно отмечает Н. Н. Биндеман (1963), основываясь только на балансовых соображениях, учитывать возможность полного использования естественных запасов подземных вод. В водоносном горизонте, особенно при распространении его на площади в несколько сотен квадратных километров, объем воды может быть очень большой, но если водоносные породы обладают значительным фильтрационным сопротивлением, то возможности использования подземных вод весьма ограничены.

При проведенной региональной оценке эксплуатационных ресурсов, результаты которой излагаются в настоящей работе, для оценки сработки естественных запасов был использован предложенный Н. Н. Биндеманом следующий расчетный прием.

Предусматривалось, что все водозаборы расположены по однородной для всего рассматриваемого района сетке и пущены в эксплуатацию одновременно. При таких условиях через относительно непродолжительное время между депрессионными воронками каждого водозабора образуются водоразделы, которые можно рассматривать как водоупорные ограничения каждой воронки (блока, в котором расположен водозабор).

Тогда для оценки расхода водозабора за счет сработки естественных запасов может быть использована формула Маскета для замкнутого кругового пласта

$$Q = \frac{2\pi kmS}{\frac{\frac{2km}{\mu}t}{R_k^2} + \ln\frac{R_k}{r_0} - 0{,}75}, \qquad (I.2)$$

где Q — расход водозабора;
km — водопроводимость пласта;
μ — водоотдача (при осушении пласта принимается гравитационная, при сработке напора — упругая водоотдача);
S — допустимое понижение уровня;
t — продолжительность расчетного периода;
R_k — радиус блока;
r_0 — радиус водозабора.

Так как во многих случаях (особенно для напорных и грунтовых вод в трещиноватых породах) первый член знаменателя формулы (I.2) значительно превышает разность между вторым и третьим членами,

этой разностью можно пренебречь. Тогда формула (I. 2) преобразуется в балансовое уравнение

$$Q=\frac{\pi R_k^2 \mu S}{t}. \qquad (I.3)$$

или, учитывая, что $\pi R_k^2=F$, где F — площадь блока,

$$Q=\frac{\mu FS}{t}. \qquad (I.4)$$

Числитель уравнения (I. 4) определяет величину естественных запасов подземных вод, заключенных внутри блока, площадь которого равна F.

Составляющие модуля эксплуатационных ресурсов, которые соответствуют сработке естественных запасов, определяются делением расхода, рассчитанного по формуле (I. 2) или (I. 3), на площадь блока.

При оценке возможного использования естественных запасов подземных вод принимались следующие условия.

1. Размещение водозаборов по шахматной сетке с расстояниями между водозаборами в ряду, равными 5 км и между рядами 2,5 км.

2. Расчетный период эксплуатации t принимался равным 50 годам. Поскольку при данной методике расчета предполагалось, что все водозаборы включаются в эксплуатацию одновременно, что на практике никогда не выполняется, прогнозные эксплуатационные ресурсы оказываются обеспеченными фактически на значительно больший срок.

3. Величина допустимого понижения уровня воды в водозаборных скважинах к концу расчетного периода принималась с таким расчетом, чтобы глубина динамического уровня, как правило, не превышала 100 м, что соответствовало высоте подъема большей части серийно выпускаемого в то время насосного оборудования. При этом величина понижения в безнапорных водах не должна превышать половины мощности водоносного горизонта, а в напорных — величины напора над кровлей пласта плюс половина его мощности.

В отдельных случаях для глубокозалегающих напорных горизонтов величина допустимого понижения увеличивалась до 200—250 м.

4. Расчетные гидродинамические параметры (водопроводимость, коэффициент фильтрации) определялись по данным ранее проведенных опытных и эксплуатационных откачек, а также путем анализа работы действующих водозаборов.

5. Гравитационная водоотдача находилась по данным опытных работ, наблюдений за режимом подземных вод и лабораторных исследований.

При отсутствии таких данных величина водоотдачи ориентировочно принималась по литературным данным: для песков 0,1—0,2, для гравийно-галечниковых отложений 0,20—0,25, для скальных пород 0,005—0,02. Для трещиноватых и закарстованных пород величина водоотдачи в ряде случаев принималась по аналогии, при этом использовались определения, полученные при эксплуатации действующих водозаборов.

Упругая водоотдача определялась по данным опытно-фильтрационных работ, исходя из найденных значений водопроводимости и пьезопроводности горизонта, и главным образом по результатам анализа работы действующих водозаборов. Этот показатель обычно измерялся очень малыми величинами (в десятки и сотни раз меньшими, чем гравитационная водоотдача).

Привлекаемые ресурсы подземных вод, как отмечено выше, при проведенной региональной оценке эксплуатационных ресурсов учитывались только частично.

Приток из поверхностных водотоков рассчитывался так называемым методом приречных зон, при этом определялся приток из поверхностных водотоков к крайнему ряду водозаборных скважин. Поскольку расстояние от этого ряда до реки принималось равным 2,5 км, эксплуатационные ресурсы, которые могут быть сформированы при работе инфильтрационных водозаборов, практически оказались неучтенными.

Возможное перетекание подземных вод из вышележащих неоцениваемых водоносных горизонтов для неглубокозалегающих артезианских пластов косвенно учитывалось величиной обобщенного коэффициента пьезопроводности (упругой водоотдачи), который определялся по данным эксплуатации действующих водозаборов-аналогов. При этом считалось, что обобщенное значение параметра характеризует не только сработку упругих запасов, но и перетекание из вышележащих горизонтов. Как показал проделанный нами анализ, этот прием, в связи с небольшим сроком эксплуатации водозабора-аналога, дает значительный «запас прочности» в проведенных расчетах.

Суммарная величина модуля эксплуатационных ресурсов подземных вод определялась как сумма частных значений модуля, соответствующих величине привлечения естественных ресурсов (восполняемая часть эксплуатационных ресурсов) и сработке естественных запасов (в отдельных случаях и привлекаемых ресурсов). Эта величина нашла отражение на карте модулей эксплуатационных ресурсов масштаба 1 : 5 000 000, изданной в 1964 г. и уточненной по данным томов монографии — «Гидрогеология СССР», карте эксплуатационных ресурсов масштаба 1 : 7 500 000, (см. рис. 2), где показаны площади, характеризуемые различными значениями модуля эксплуатационных ресурсов.

Поскольку в горных районах в процессе региональной оценки эксплуатационные ресурсы не подсчитывались, на карте модулей здесь были выделены участки, характеризующиеся преимущественным расходом родников в меженный период.

Изложенная методика применялась почти во всех региональных томах монографии «Гидрогеология СССР». Некоторое исключение составили территории Литовской ССР и Калининградской области, в пределах которых не были учтены естественные ресурсы, но были рассчитаны гидродинамическим методом привлекаемые ресурсы за счет перетекания воды из вышележащих водоносных отложений. При оценке эксплуатационных ресурсов Камчатской складчатой области расчетный срок принимался равным 10^4 сут, что потребовало введения коррективов в полученные цифры. Для ряда горных районов (Крым, Кавказ и некоторые другие) были подсчитаны эксплуатационные ресурсы, соответствующие суммарному родниковому стоку наиболее крупных родников в меженный период. Эти данные приведены при описании соответствующих районов в гл. II. При определении общей величины эксплуатационных ресурсов учтены также утвержденные ГКЗ и ТКЗ ресурсы подземных вод речных долин (дебиты инфильтрационных водозаборов), которые не подсчитывались при региональной оценке, но были выявлены при проведении разведочных работ.

При характеристике эксплуатационных ресурсов Московского, юго-западной части Днепровско-Донецкого артезианских бассейнов, а также ряда межгорных впадин на территории Грузинской ССР и Азербайджанской ССР были учтены результаты региональных оценок, выполненных после составления томов монографии «Гидрогеология СССР».

Эти оценки в ряде случаев получены методом аналогового моделирования и позволили уточнить ранее полученные цифры.

В связи с тем что величина модуля, как характеристика балансовая, дает представление только об общих эксплуатационных ресурсах водоносного горизонта, при характеристике ресурсов по отдельным районам (см. гл. II) приводятся данные о водопроводимости водоносных горизонтов и возможном дебите групповых водозаборов.

Анализ методики региональной оценки эксплуатационных ресурсов пресных и слабосолоноватых вод и принятых значений основных параметров водоносных горизонтов и комплексов показывает, что региональная оценка была выполнена с определенным «запасом прочности».

Однако существенным упущением является недостаточный учет эксплуатационных ресурсов речных долин и горных районов.

Рассмотрим некоторые особенности методики региональной оценки эксплуатационных ресурсов других типов подземных вод.

Региональная оценка эксплуатационных ресурсов сильносолоноватых и соленых вод (с минерализацией от 3 до 35 г/л), которые могут быть использованы после опреснения, была выполнена под руководством М. Р. Никитина для южной части территории СССР по методике, аналогичной той, что была принята для пресных и слабосолоноватых вод. В связи с тем что оценка проводилась на основе мелкомасштабных карт, во внимание не принимались технико-экономические факторы, которые необходимо учитывать при более крупномасштабных исследованиях. Эксплуатационные ресурсы сильносолоноватых и соленых вод были определены балансовым методом. Так как при этой оценке не учитывалось размещение водозаборов, были рассчитаны потенциальные эксплуатационные ресурсы.

Наибольшую специфику имела региональная оценка эксплуатационных ресурсов промышленных вод. Методика оценки ресурсов этого типа вод была разработана С. С. Бондаренко (1967).

Одной из основных особенностей региональной оценки эксплуатационных ресурсов промышленных вод является необходимость соблюдения кондиционных требований к составу промышленных вод и условиям их эксплуатации, так как для промышленных вод учет технико-экономических факторов является определяющим. Как было показано С. С. Бондаренко, основные требования к качеству подземных вод и к условиям эксплуатации включают: 1) минимальные промышленные концентрации полезных компонентов для месторождения в целом и на отдельных участках водозабора; 2) максимальная глубина залегания водоносного горизонта, определяющая допустимую глубину эксплуатационных скважин; 3) минимальный дебит эксплуатационных скважин; 4) максимальная глубина залегания динамического уровня к концу срока эксплуатации водозабора; 5) суммарный дебит водозабора; 6) площадь расположения водозаборных скважин; 7) химический состав и степень минерализации подземных вод; 8) температура подземных вод; 9) наличие вредных компонентов и примесей; 10) присутствие попутных компонентов, которые целесообразно извлекать попутно с основным производством в промышленных масштабах.

Все перечисленные факторы определяют стоимость единицы продукции, получаемой из промышленных вод, и тем самым рентабельность использования этих вод с учетом современного уровня развития технологии и действующих отпускных цен на продукцию. Поэтому оценка эксплуатационных ресурсов промышленных вод даже в региональном плане должна проводиться применительно к кондиционным требованиям, касающимся качества воды и условий эксплуатации, которые в отдельных природно-экономических районах могут быть различными.

В связи с вышеизложенным для промышленных вод неприменима методика региональной оценки их эксплуатационных ресурсов, основанная на расчете водозаборов, расположенных по всей площади распространения водоносного горизонта. Оценка эксплуатационных ресурсов может быть проведена только в пределах месторождений, заключающих подземные воды с содержанием полезных компонентов, превышающем минимальные промышленные концентрации для всего бассейна.

Так как основным источником формирования эксплуатационных ресурсов промышленных подземных вод является сработка упругих запасов, а водозаборы промышленных вод по площади распространения водоносных горизонтов располагаются неравномерно, для оценки прогнозных эксплуатационных ресурсов этих вод использовался гидродинамический метод.

Региональная оценка эксплуатационных ресурсов проводилась по рекомендациям С. С. Бондаренко (1967).

1. По материалам бурения и опытного гидрогеологического опробования разведочных скважин, а также по геофизическим данным определены основные гидрогеологические параметры.

2. На основе анализа гидрогеологических условий месторождения в зоне возможного влияния водозаборов проведена схематизация природных условий и принята расчетная схема (неограниченный пласт, полуограниченный пласт, пласт-полоса и т. п.).

3. Путем последовательных гидродинамических и технико-экономических расчетов с использованием метода вариантов определены кондиционные требования к промышленным водам и условиям их эксплуатации.

4. С учетом кондиционных требований проведен подсчет суммарного дебита водозабора применительно к наиболее рациональной системе расположения эксплуатационных скважин. Этот дебит и соответствовал прогнозным эксплуатационным ресурсам.

Величина допустимого понижения уровня устанавливалась, как и другие кондиционные параметры, технико-экономическими расчетами с учетом технических возможностей насосных установок.

Таким образом, для промышленных вод работы по существу сразу сводились ко второму этапу региональной оценки эксплуатационных ресурсов.

Региональная оценка эксплуатационных ресурсов термальных вод наиболее перспективных районов СССР была проведена в конце 60-х годов под руководством Б. Ф. Маврицкого (1971).

Методика региональной оценки эксплуатационных ресурсов термальных вод артезианских бассейнов в принципе не отличалась от методики оценки прогнозных ресурсов пресных и солоноватых подземных вод, изложенной выше.

Однако в связи с тем, что для термальных вод основным источником формирования эксплуатационных ресурсов является сработка упругих запасов при региональной оценке ресурсов термальных вод, в отличие от пресных вод естественные и привлекаемые ресурсы не учитывались. Для оценки ресурсов использовалась формула (I. 4), т. е. практически оценивались потенциальные ресурсы, которые в рассматриваемых условиях очень близки к прогнозным, формирующимся за счет сработки упругих запасов равномерно распределенными по сетке водозаборами. Таким образом, оценка эксплуатационных ресурсов термальных вод отвечала первому этапу региональной оценки. Подсчет эксплуатационных ресурсов был произведен только в пределах перспективных площадей, где минерализация подземных вод была не более 35 г/л, температура — не менее 40° С, глубина залегания продуктив-

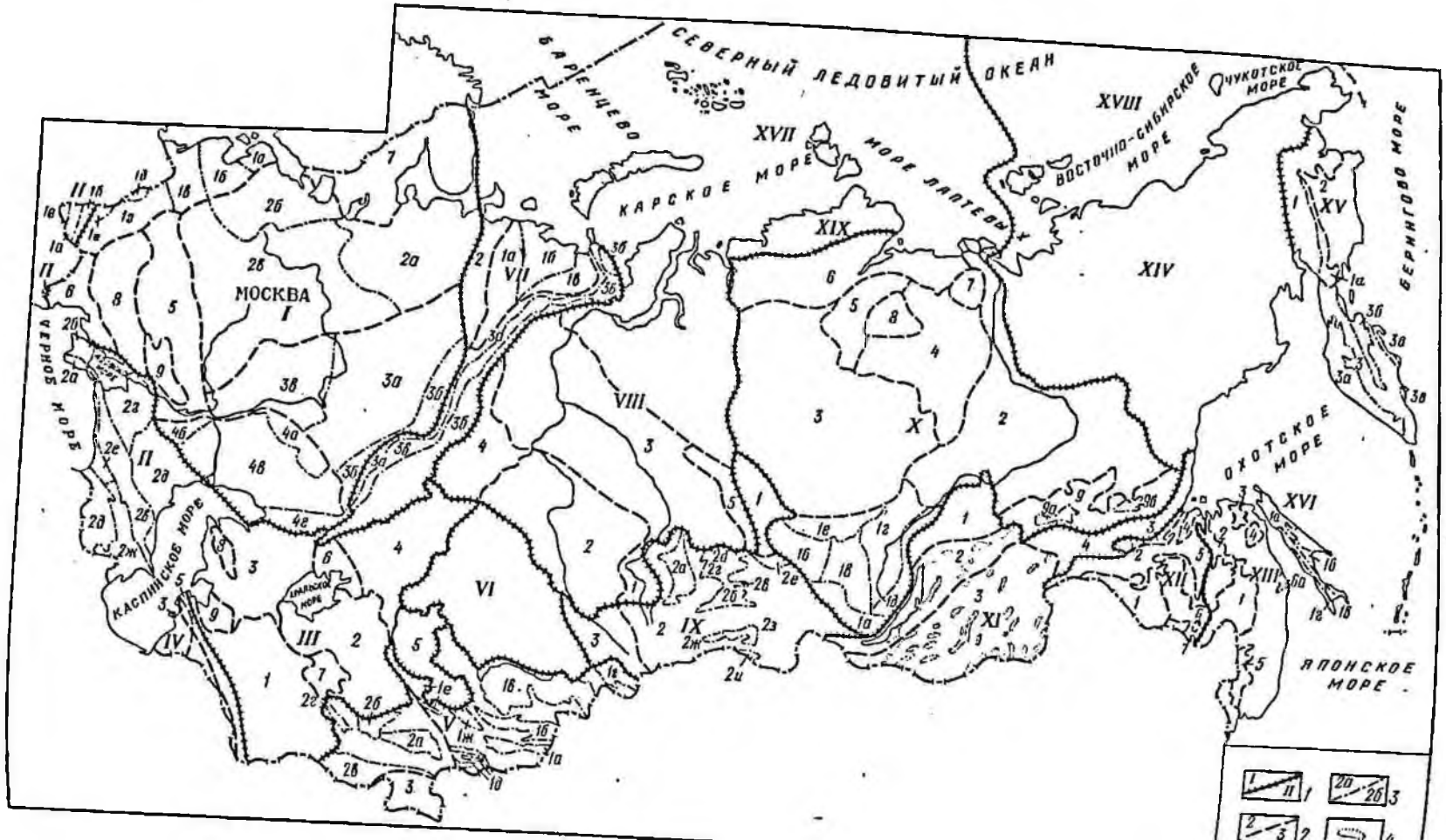

СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН
БАРЕНЦЕВО МОРЕ
КАРСКОЕ МОРЕ
МОРЕ ЛАПТЕВЫХ
ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ
ЧУКОТСКОЕ МОРЕ
БЕРИНГОВО МОРЕ
ОХОТСКОЕ МОРЕ
ЯПОНСКОЕ МОРЕ
БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ
КАСПИЙСКОЕ МОРЕ
АРАЛЬСКОЕ МОРЕ
МОСКВА
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
XVI
XVII
XVIII
XIX

Рис. 1. Схема гидрогеологических областей и районов СССР (на основе карты гидрогеологического районирования СССР, 1973 г. ВСЕГИНГЕО).
Границы и индексы гидрогеологических областей и районов: *1* — областей; *2* — районов первого порядка; *3* — районов второго порядка; *4* — районов третьего порядка (выделены не везде).

Гидрогеологические области платформ. I. Восточно-Европейская (Русская): *1* — Балтийско-Польский, *2* — Средне-Русский, *3* — Восточно-Русский, *4* — Каспийский, *5* — Днепровско-Донецкий, *6* — Причерноморский, *7* — Балтийский, *8* — Украинский, *9* — Донецкий; *1а* — Эстонско-Латвийский, *1б* — Латвийский, *1в* — Польско-Литовский, *1г* — Волыно-Подольский, *1д* — Брестский, *1е* — Львовский, *2а* — Северо-Двинский, *2б* — Ленинградский, *2в* — Московский, *3а* — Волго-Камский, *3б* — Предуральский, *3в* — Устюртский, *4* — Тургайский, *5* — Чу-Сарысуйский, *6* — Сурско-Хоперский, *4а* — Южно-Сыртовский, *4б* — Ергенинский, *4в* — Северо-Каспийский, *4г* — Зюбгинский. III. Туранская: *1* — Амударьинский, *2* — Сырдарьинский, *3* — Устюртский, *4* — Тургайский, *5* — Чу-Сарысуйский, *6* — Северо-Аральский, *7* — Центрально-Кызылкумский, *8* — Мангышлакский, *9* — Туркменский. VIII. Западно-Сибирская: *1* — Верхнеобский, *2* — Иртышский, *3* — Среднеобский, *4* — Тобольский, *5* — Среднеенисейский. X. Восточно-Сибирская: *1* — Ангаро-Ленский, *2* — Якутский, *3* — Тунгусско-Верхнеленский, *4* — Олекминский, *5* — Котуйский, *6* — Хатангский, *7* — Нижнеоленекский, *8* — Анабарский, *9* — Алданский; *1а* — Иркутский, *1б* — Канский, *1в* — Приангарский, *1г* — Кирелгейский, *1е* — Мурский, *9а* — Чульманский, *9б* — Токкинский. Гидрогеологические складчатые области. II. Карпатско-Крымско-Кавказская: *1* — Карпатский, *2* — Крымско-Кавказский; *1а* — Карпатский, *1б* — Прикарпатский, *1в* — Закарпатский, *2а* — Горный Крым, *2б* — Западно-Крымский, *2в* — Большой Кавказ, *2г* — Азово-Кубанский, *2д* — Восточно-Предкавказский (Терско-Кучский), *2е* — Восточно-Черноморский, *2ж* — Куринский, *2з* — Малый Кавказ. IV. Копетдагско-Большебалханская: *1* — Копет-Дагский, *2* — Большебалханский, *3* — Южно-Каспийский, *4* — Предкопетдагский, *5* — Предбольшебалханский. V. Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирская: *1* — Восточный Тянь-Шань и Джунгарский, *2* — Западный Тянь-Шань, *3* — Памир, Алатау; *1а* — Иссык-Кульский, *1б* — Илийский, *1в* — Балхаш-Алакульский, *1г* — Зайсанский, *1д* — Нарынский, *1е* — Таласский, *1ж* — Чуйский, *2а* — Ферганский, *2б* — Притяншанский, *2в* — Южно-Таджикский, *2г* — Зеравшанский. Западно-Тянь-Шаньский. VI. Центрально-Казахстанская. VII. Тимано-Уральская: *1* — Печорская система, *2* — Тиманская система, *3* — Уральская система; *1а* — Большеземельский, *1б* — Большезенельский, *1в* — Предуральский (Ижма-Каратаихинский), *3а* — Западно-Уральский, *3б* — Восточного склона Урала, *3в* — Центрально-Уральский, *3г* — Ижемско-Печорский, Алтайско-Енисейская: *1* — Енисейский, *2* — Саяно-Алтайский, *3* — Жарминско-Рудноалтайский, *2а* — Кузнецкий, *2б* — Южно-Минусинский, *2в* — Сыдо-Ербинский, *2г* — Чебаково-Балахтинский, *2д* — Назаровский, *2е* — Рыбинский, *2ж* — Хемчикский, *2з* — Улугхемский, *2а* — Убсунур-Тесхемский. XI. Восточно-Сибирская: *1* — Витимо-Патомская, *2* — Прибайкальская, *3* — Забайкальская, *4* — Станового хребта. XII. Зее-Буреинская: *1* — Амуро-Зейский, *2* — Верхнезейский, *3* — Удский, *4* — Торомский, *5* — Буреинский, *6* — Кимканский, *7* — Южно-Хингано-Буреинский. XIII. Сихотэ-Алинская: *1* — Средневурский, *2* — Тугуро-Имнелевский, *3* — Чля-Орельский, *4* — Удыль-Кизинский, *5* — Прихинкайский; *6а* — Советско-Гаванский. XIV. Верхояно-Чукотская. XV. Корякско-Камчатско-Курильская: *1* — Пенжинско-Анадырский, *2* — Корякский, *3* — Курило-Камчатский; *1а* — Парапольский, *3а* — Западно-Камчатский, *3б* — Центрально-Камчатский, *3в* — Восточно-Камчатский. XVI. Сахалинская: *1а* — Северо-Сахалинский, *1б* — Поронайский, *1в* — Сусунайский, *1г* — Татарский. XVIII. Восточная. XIX. Табынырская

ных водоносных горизонтов — не более 3000 м и величина водопроводимости — не менее 20 м²/сут. При этом принималось, что глубина динамического уровня не должна была превышать 100 м ниже поверхности земли, а расчетный срок эксплуатации составлял 10 тыс. сут.

Кроме потенциальных эксплуатационных ресурсов при региональной оценке были рассчитаны также возможные дебиты стандартных водозаборов (стандартный водозабор состоит из пяти скважин и занимает площадь 25 км²).

В наиболее перспективных районах, где предусматривался сосредоточенный отбор подземных вод, эксплуатационные ресурсы оценены путем расчета производительности проектного водозабора по соответствующим гидродинамическим зависимостям, а в пределах Терско-Сунженской депрессии оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов выполнена методом моделирования.

В районах распространения месторождений подземных термальных вод и парогидротерм трещинно-жильного типа (складчатые области с локальными выходами термальных вод) региональная оценка проводилась в основном методом аналогии с разведанными и эксплуатируемыми месторождениями. Подсчет эксплуатационных ресурсов был произведен исходя из данных о естественной разгрузке термальных вод, увеличенной в 2—5 раз, в соответствии с опытом разведки и эксплуатации месторождений этого типа.

Следует отметить, что при региональных оценках эксплуатационных ресурсов промышленных и термальных вод не учитывались вопросы сброса отработанной воды.

Региональная оценка эксплуатационных ресурсов минеральных вод в связи с их очень малым отбором до настоящего времени в СССР не проводилась. Однако для некоторых районов и в первую очередь для Кавказских минеральных вод такая оценка, несомненно, должна явиться делом ближайшего будущего.

В связи с тем что региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод в конечном итоге является расчетом баланса подземных вод в условиях эксплуатации, ей должно предшествовать районирование территории по балансовому признаку. При гидрогеологическом районировании для оценки эксплуатационных ресурсов целесообразно выделять гидрогеологические районы, в пределах которых распространены и формируются оцениваемые эксплуатационные ресурсы подземных вод. Как правило, границы этих районов совпадают с границами крупных гидрогеологических структур. Так, балансовыми гидрогеологическими районами являются отдельные артезианские бассейны, межгорные впадины, крупные речные долины, предгорные равнины и т. п.

Региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод, результаты которой изложены в последующих главах, проводилась для некоторых балансовых районов (Московский артезианский бассейн, конусы выноса Кусарской предгорной равнины и др.). Эти балансовые районы являются отдельными частями крупных гидрогеологических платформенных и складчатых областей, представляющих собой гидрогеологические районы первого порядка по районированию, принятому при составлении монографии «Гидрогеология СССР» (рис. 1).

Глава II

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ, СОЛОНОВАТЫХ И СОЛЕНЫХ (ПРИГОДНЫХ ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ) ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЙОНОВ СССР

Эксплуатационные ресурсы подземных вод характеризуются, как было отмечено выше, по природным гидрогеологическим районам, в пределах которых описываются ресурсы только основных водоносных горизонтов, имеющих наибольшее практическое значение.

Достоверность материалов по ресурсам подземных вод Советского Союза неодинаковая. К наиболее изученным районам относятся европейская часть СССР южнее 60° с. ш., южная часть Западной Сибири, Казахстан и Средняя Азия. Для европейского Севера модуль эксплуатационных ресурсов дается по предположению, а на территории Сибири севернее 60° с. ш. могут быть выделены только районы, перспективные для использования подземных вод.

При описании отдельных гидрогеологических районов авторы ставили целью осветить следующие вопросы: 1) краткая характеристика основных водоносных горизонтов (распространение, литология, изменение водопроводимости); 2) естественные ресурсы подземных вод района, их количество, закономерности распространения по площади; 3) источники формирования и закономерности распространения эксплуатационных ресурсов подземных вод; 4) условия формирования эксплуатационных запасов подземных вод на различных типах месторождений на примере действующих водозаборов; 5) современное и перспективное использование подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения; 6) степень изученности эксплуатационных ресурсов подземных вод.

При изложении материалов перечисленные вопросы сначала рассматривались в целом по району, а затем более подробно по водоносным горизонтам. Однако общий план описания отдельных гидрогеологических районов не везде выдержан из-за большого разнообразия гидрогеологических условий и неравномерной изученности. Так, по Причерноморскому артезианскому бассейну и Балтийскому, Украинскому и Донецкому бассейнам трещинных вод краткая характеристика основных водоносных горизонтов приведена в начале описания. Детальность характеристики ресурсов по районам определялась гидрогеологическими условиями, размером районов и степенью их изученности. Наиболее подробно условия формирования ресурсов подземных вод по отдельным горизонтам даются по таким крупным и изученным бассейнам, как Средне-Русскому, Восточно-Русскому, Балтийско-Польскому и южной части Западно-Сибирского. Для большей части других районов приводится лишь краткая характеристика водоносных горизонтов, а закономерности формирования эксплуатационных ресурсов рассматриваются только в целом по району.

Цифровые характеристики ресурсов подземных вод сведены в таблицы, в которых также отражены размеры площадей оценки эксплуатационных ресурсов. Нередко эти площади по каждому из описывае-

мых водоносных горизонтов трудно определимы, поэтому в таблицах показаны суммарные площади оценки ресурсов в пределах гидрогеологических структур. По той же причине в целом по описываемым районам сообщаются сведения об использовании подземных вод и эксплуатационных запасов, утвержденных Государственной и Территориальными комиссиями по запасам полезных ископаемых. Количество утвержденных ГКЗ и ТКЗ запасов по всем категориям приведены по состоянию на 1/I 1973 г. (цифры в таблицах даны с округлением).

Описание районов иллюстрируется «Картой эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых подземных вод территории СССР» масштаба 1 : 7 500 000. Эта карта является переработанным и дополненным новыми данными вариантом карты с тем же названием масштаба 1 : 5 000 000, составленной сотрудниками ВСЕГИНГЕО под руководством Н. Н. Биндемана и изданной в 1964 г. На карту нанесены основные водоносные горизонты и комплексы, ресурсы которых оценены модулем эксплуатационных ресурсов и величиной родникового стока (бассейны трещинных вод), отражена минерализация подземных вод и некоторые геологические и физико-географические особенности, влияющие на формирование ресурсов подземных вод. Во избежание повторений при описании эксплуатационных ресурсов подземных вод по районам ссылок на карту не делается. Ниже описываются ресурсы подземных вод основных водоносных горизонтов и комплексов по гидрогеологическим областям, а по наиболее изученным территориям — в пределах гидрогеологических районов первого порядка.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЛАСТИ ПЛАТФОРМ

Восточно-Европейская (Русская) гидрогеологическая область

В Восточно-Европейской области сосредоточены весьма значительные естественные и эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод. Около половины (40—45%) этих ресурсов приурочены к Средне-Русскому бассейну, по 15—20% от общих ресурсов образуются на площади Восточно-Русского, Днепровско-Донецкого и Балтийско-Польского бассейнов, 10—15% ресурсов области сосредоточено в Каспийском и Причерноморском артезианских бассейнах и в Балтийском, Украинском и Донецком бассейнах трещинных вод (табл. 1).

В распределении ресурсов имеются определенные закономерности, обусловленные климатическими особенностями и гидрогеологическими условиями территории. Так, в направлении с северо-запада на юго-восток и юг Русской платформенной области модуль эксплуатационных ресурсов уменьшается от 5—1 в Балтийско-Польском и на юго-западе Средне-Русского бассейнах до 0,1 и меньше в Каспийском, Причерноморском артезианских, Украинском и Донецком бассейнах трещинных вод. В артезианских бассейнах эти изменения в значительной мере связаны с уменьшением атмосферных осадков и одновременным увеличением испаряемости. В пределах бассейнов трещинных вод величина модуля эксплуатационных ресурсов и ее изменения зависят главным образом от характера водовмещающих пород. Примером могут служить Балтийский и Украинский бассейны трещинных вод, которые находятся в разных климатических зонах, но сложены породами с близкими фильтрационными свойствами.

Выявленные эксплуатационные ресурсы подземных вод в целом по Восточно-Европейской гидрогеологической области используются меньше, чем на 10%. По отдельным бассейнам артезианских и трещинных

Таблица 1

Ресурсы подземных вод Восточно-Европейской (Русской) гидрогеологической платформенной области

Гидрогеологический район	Ресурсы подземных вод, м³/с			Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ (ТКЗ) эксплуатационные запасы	
	естественные	эксплуатационные		м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
		всего	восполняемые				
Артезианские бассейны							
Балтийско-Польский	700	430	200	30	7	35	8
Средне-Русский	2000	1600	770	120	8	160	10
Восточно-Русский	1100	620	340	26	4	56	9
Каспийский	110	180	70	8	4	12	7
Днепровско-Донецкий	540	540	200	60	11	66	12
Причерноморский	70	50	12	27	55	15	30
Бассейны трещинных вод							
Балтийский	500	35	30	0,35	1	—	—
Украинский	60	50	30	5	10	3	5
Донецкий	10	30	17	15	50	2	7

вод использование ресурсов колеблется от 1 до 11%, за исключением Причерноморского артезианского бассейна и Донецкого бассейна трещинных вод, где оно достигает 50%.

Также невелика изученность эксплуатационных ресурсов, почти по всем бассейнам она составляет около 10% и только в Причерноморском достигает 30%. Таким образом, низкая изученность и слабое использование эксплуатационных ресурсов подземных вод в целом на площади Восточно-Европейской артезианской области свидетельствует о больших резервах в выявлении и использовании их в народном хозяйстве. Неравномерность распределения ресурсов предопределяет различие перспективы использования подземных вод для водоснабжения конкретных потребителей. Наиболее обеспечены ресурсами подземных вод территории Балтийско-Польского, Днепровско-Донецкого, центральной и южной частей Средне-Русского артезианских бассейнов; обеспеченность остальных бассейнов значительно меньше, а северная часть Средне-Русского, восточная часть Причерноморского, Донецкий и другие бассейны обеспечены слабо.

Балтийско-Польский артезианский бассейн

Сложные гидрогеологические условия в пределах рассматриваемого бассейна, связанные с различным геологическим строением его частей, обусловили и особенности распределения эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод.

В строении водосодержащей толщи зоны интенсивного водообмена, к которой приурочены основные ресурсы пресных подземных вод, принимают участие отложения от четвертичного до докембрийского возраста. Наибольшее площадное распространение имеют основные водоносные горизонты четвертичных, швентойско-тартусских и сенон-туронских отложений.

Общая величина естественных ресурсов подземных вод по Балтийско-Польскому бассейну равна примерно 700 м³/с. Основная часть

(50%) естественных ресурсов сосредоточена в аллювиальных, флювиогляциальных и других генетических типах четвертичных отложений, около 20% ресурсов приурочено к сенон-туронским отложениям (табл. 2).

Таблица 2

Ресурсы подземных вод Балтийско-Польского артезианского бассейна

Водоносный комплекс, горизонт	Площадь оценки, тыс. км²	Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы подземных вод	
		естественные	эксплуатационные				
			всего	восполняемые		м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
Водоносный комплекс четвертичных аллювиальных и флювиогляциальных отложений	80	350	190*	100	0,5—3	~20	20
Водоносный комплекс сенон-туронских отложений	60	150	100**	50	0,5—3	2,2	2
Водоносный горизонт сеноманских отложений	6	4	3	1	0,5	2,5	—
Водоносный комплекс верхнепермских отложений	8,5	4	1,4	0,4	0,1—0,3	0,4	29
Водоносный комплекска менноугольных фаменских отложений	8	11	10	3	0,5—1,2	0,2	2
Водоносный комплекс бурегско-саргаевских отложений	45	40	25	15	0,6—1,2	1,5	6
Водоносный комплекс швентойско-тартусских отложений	80	80	50	20	0,6—1,7	5,8	11
Водоносный горизонт пярнусских отложений	6,2	7,5	12	3	2	0,5	2
Водоносный комплекс силурийских пород	13,5	20	15	5	1,3	—	—
Водоносный комплекс ордовикских отложений	13,8	25	20	5	1,2	—	—
Водоносный горизонт кембро-ордовикских отложений	27,3	14	3	1	0,1	—	—
Водоносный комплекс кембровендских пород	17,4	2—3	2	0,6	0,1	1,3	65
Всего		700	431	205		35	8

* С учетом привлекаемых ресурсов аллювиальных отложений речных долин.
** С учетом перетекания из четвертичных отложений.

Среднемноголетний модуль подземного стока изменяется в широких пределах (от 1 до 5—6 л/с на 1 км²), в среднем для всей площади бассейна модуль равен 2—3 л/с на 1 км². Наиболее высокие значения модуля подземного стока наблюдаются на севере Эстонии, в районе распространения известняков ордовика и силура, и в центральной части бассейна на площади развития мощной толщи четвертичных отложений. В целом по бассейну наблюдается тенденция уменьшения модуля в южном направлении по мере уменьшения влажности климата.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод Балтийско-Польского бассейна оцениваются примерно в 430 м³/с, из них около половины приходится на долю восполняемых. Восполняемые ресурсы принимают-

ся равными около 30% от естественных. Распределение эксплуатационных ресурсов по основным водоносным горизонтам приведено в табл. 2. Как видно из таблицы, около 45% ресурсов приурочено к четвертичному и 25% — к сенон-туронскому водоносным комплексам. Очень незначительными ресурсами, измеряемыми несколькими кубическими метрами в секунду, характеризуются сеноманский, верхнепермский, кембро-ордовикский и кембро-вендский горизонты и комплексы.

Модули эксплуатационных ресурсов по Балтийско-Польскому бассейну колеблются от 0,1 до 3—5 л/с на 1 км², в среднем по бассейну модуль составляет 1,5 л/с на 1 км². Наиболее водообильные участки, где модули достигают 2—5 л/с на 1 км², расположены на севере бассейна, на площади развития ордовикских, силурийских и среднедевонских отложений, в центральной части бассейна, где основные водоносные горизонты приурочены к четвертичным отложениям и неогеновым, палеогеновым и меловым породам. Участки с высоким значением модуля эксплуатационных ресурсов выделяются также на юге бассейна, где развиты мергельно-меловые породы. Участки, наименее обеспеченные подземными водами, расположены по берегам Финского и Рижского заливов, а также в западных частях Литвы и Латвии и на юге Украины (южная окраина бассейна).

Современный водоотбор на территории бассейна равен 25—30 м³/с, что составляет около 6% от эксплуатационных ресурсов. Наиболее интенсивно эксплуатируются водоносные горизонты четвертичных, меловых, швентойско-тартусских и ордовикских отложений.

Подземные воды широко используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения городского и сельского населения. Водоснабжение мелких и средних городов почти повсеместно базируется на подземных водах, в балансе водопотребления таких крупных городов, как Рига, Калининград, Таллин подземные воды составляют около 40—50%.

Перспективная потребность большей части городов, расположенных на территории бассейна, может быть удовлетворена за счет подземных вод, за исключением нескольких городов, расположенных в северной части бассейна (Таллин, Клайпеда, Шауляй, Калининград и др.), где подземные воды могут обеспечить только 30—60% потребности.

По Балтийско-Польскому бассейну ГКЗ и ТКЗ утверждено около 35 м³/с подземных вод, что составляет около 8% от эксплуатационных ресурсов. Более половины утвержденных запасов относится к четвертичному водоносному горизонту (см. табл. 2).

Ниже дается краткая характеристика основных водоносных горизонтов и комплексов Балтийско-Польского бассейна, для которых проведена оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод.

Четвертичный водоносный комплекс выделяется в качестве основного в центральной части Балтийско-Польского бассейна. На юге Белоруссии эксплуатационные ресурсы четвертичного комплекса оцениваются вместе с ресурсами неогеновых, палеогеновых и меловых отложений. На большей площади четвертичные отложения представлены водно-ледниковыми образованиями. В северной части бассейна практическое значение для водоснабжения имеют ресурсы подземных вод аллювиальных и водно-ледниковых отложений, выполняющих переуглубленные участки речных долин (Даугава, Лиелупе, Гауя, Нярис и др).

Водовмещающие породы четвертичного комплекса представлены песчано-гравийно-галечниковыми отложениями. В ледниковых отложениях, как правило, содержится несколько водоносных горизонтов, мощность которых изменяется в широких пределах — от нескольких метров до 10—20, реже 30—40 м. В переуглубленных долинах мощность водо-

вмещающих пород колеблется также от нескольких метров до 50—100 м, а в наиболее крупных переуглубленных долинах до 150 м и более.

Четвертичные отложения характеризуются крайне неоднородными фильтрационными свойствами; водопроницаемость на небольших расстояниях может изменяться от нескольких метров в сутки до 50—60 м/сут, а коэффициент водопроводимости от нескольких десятков метров в сутки до 200—400 м²/сут. Соответственно и возможные дебиты групповых водозаборов в четвертичных горизонтах изменяются в широких пределах — от нескольких десятков метров в секунду до 0,2—0,5 м³/с, на отдельных участках производительность групповых водозаборов может достигать 1 м³/с и более.

Естественные ресурсы четвертичного водоносного комплекса достигают 350 м³/с, а средний модуль подземного стока составляет 4 л/с на 1 км². Высокие значения модулей подземного стока объясняются значительной величиной осадков и благоприятными условиями питания подземных вод.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод четвертичных отложений достигают 190 м³/с, при этом около половины приходится на восполняемые ресурсы.

Подземные воды четвертичных отложений широко используются для водоснабжения. Наиболее крупные водозаборы приурочены к переуглубленным долинам, где имеется постоянный источник восполнения запасов, большая мощность и высокие фильтрационные свойства пород. Достаточно отметить, что в водохозяйственном балансе Латвийской ССР 60—90% потребности городов в хозяйственно-питьевой воде обеспечивается за счет ресурсов подземных вод речных долин. Дебиты инфильтрационных водозаборов составляют от 0,1 до 2 м³/с.

Перспективны и в настоящее время частично используются воды древнеаллювиальных образований, слагающих террасы р. Даугавы у г. Даугавпилса, аллювиальные отложения р. Гауи для водоснабжения г. Риги, погребенные долины в районе городов Таллина, Кохтла-Ярве и Тарту. В Литовской ССР большие погребенные долины с мощностью водовмещающих отложений около 50—100 м вскрыты в среднем течении р. Нямунас, в районах городов Друскининкай и Бирштонас. На эксплуатации подземных вод древней аллювиальной долины основано водоснабжение г. Вильнюса, где суммарные эксплуатационные запасы по эксплуатирующим их водозаборам составляют около 1,5 м³/с.

Межморенные водоносные горизонты широко используются для водоснабжения на территории Литовской ССР и Калининградской области, где производительность существующих водозаборов находится в пределах 0,1—0,3 м³/с. В южной части Балтийско-Польского бассейна — в Брестской и Гомельской областях — на эксплуатации межморенных горизонтов основывается частично или полностью не только сельскохозяйственное, но и централизованное водоснабжение крупных населенных пунктов. Дебиты водозаборов не превышают в большинстве случаев 0,1—0,2 м³/с, однако возможно строительство водозаборов с дебитом до 1 м³/с.

На территории Украины практическое значение для централизованного крупного водоснабжения имеют ресурсы подземных вод в четвертичных отложениях при условии их совместной эксплуатации с залегающими ниже водоносными горизонтами.

Таким образом, на территории Балтийско-Польского артезианского бассейна в четвертичном водоносном комплексе формируются два основных типа месторождений подземных вод — речных долин и флювиогляциальных отложений. Основными источниками формирования эксплуатационных ресурсов этого комплекса являются привлекаемые ресурсы

(поверхностный сток и перетекание из вышележащих неэксплуатируемых водоносных горизонтов). Несколько меньшую роль играют естественные ресурсы. В переуглубленных речных долинах существенное значение может иметь сработка естественных запасов подземных вод. На ряде водозаборов, использующих подземные воды четвертичных отложений, одним из основных источников формирования эксплуатационных ресурсов являются искусственные ресурсы, которые образуются благодаря проведению специальных инженерных мероприятий по искусственному восполнению ресурсов подземных вод (водозаборы Балтэзерс, Эйгуляй).

Водоносный комплекс отложений верхнего мела. Основным водоносным горизонтом в отложениях верхнего мела является сенон-туронский, развитый в южной и юго-восточной частях Белоруссии и на всей территории Украины, за исключением ее южных окраин. Водовмещающими породами служат трещиноватые мелы и мергели с относительно редкими прослоями глин. Мощность водообильной зоны, соответствующей глубине развития трещиноватости, по площади неравномерна, в пределах Брестского артезианского бассейна она достигает 80—100 м, а на окраинах бассейна редко превышает 20—25 м. Воды на большей части территории напорные, причем обычно напоры не превышают 40 м. В кровле трещиноватая зона занлена на большей части территории. Мощность зоны заиления на водоразделах 5—10 м, в долинах рек довольно часто эта зона отсутствует и здесь наиболее благоприятные условия взаимосвязи с подземными водами четвертичных отложений, а через них и с поверхностными водами.

Водообильность мергельно-меловых отложений изменяется в широком диапазоне, что обусловливается различной степенью трещиноватости и закарстованности водовмещающих пород. На водоразделах удельные дебиты скважин редко превышают 0,2—0,3 л/с, в долинах рек и в балках, т. е. в местах развития максимальной трещиноватости как по открытости, так и по глубине, удельные дебиты повышаются до 2—8 л/с и как аномальные значения встречаются удельные дебиты, равные 20—30 л/с.

Благодаря хорошему качеству и высокой водообильности мергельно-меловая толща является основным источником водоснабжения всей южной части Балтийско-Польского артезианского бассейна. Производительность водозаборов обычно 0,1—2 м³/с, эта величина не является предельной.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод Волыно-Подольского артезианского бассейна, приуроченные к сенон-туронскому водоносному комплексу и взаимосвязанному с ним на большей части территории водоносному комплексу четвертичных отложений, настолько велики и настолько превышают перспективную потребность этого района в воде, что стоит вопрос о рациональности переброски воды из Волыно-Подольского артезианского бассейна в соседние области Украинского кристаллического массива и некоторые районы Предкарпатья.

Как отмечено выше, наиболее крупные месторождения в сенон-туронском комплексе формируются в речных долинах, где мергельно-меловая толща залегает непосредственно под аллювиальными песками. Здесь основными источниками формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод в меженный период является сработка естественных запасов подземных вод аллювиальных отложений, восполнение которых происходит во время паводков. В западной части бассейна (главным образом на территории Львовской области) формируются своеобразные месторождения в верховьях небольших ручьев и балок. Эти месторождения относятся к типу ограниченных структур, в которых основными

источниками формирования эксплуатационных ресурсов служат естественные ресурсы подземных вод, разгрузка которых в ненарушенных условиях происходит путем родникового стока, в речную сеть и путем испарения. Как показывает опыт эксплуатации этих структур, не следует ориентироваться в рассматриваемых условиях на сработку естественных запасов в качестве дополнительного источника формирования эксплуатационных ресурсов. Небольшое превышение водоотбора над естественными ресурсами приводит здесь к резкому падению уровней подземных вод.

Кроме описанного сенон-туронского водоносного горизонта, в западных частях Брестской и Гродненской областей развит сеноманский водоносный горизонт. Водоносные пески и слабоцементированные песчаники этого горизонта имеют мощность 20—25 м и при отсутствии в подошве водоупора взаимосвязаны с водами древнепалеозойских, девонских и юрских отложений. Эксплуатационные ресурсы этого водоносного горизонта составляют около 3—4 м³/с.

На этой же территории распространен водоносный горизонт юрских кавернозных и трещиноватых известняков и мергелей, имеющих ограниченное распространение. Эксплуатируется водоносный юрский горизонт совместно с перекрывающими его меловыми горизонтами.

Водоотбор в г. Бресте из водовмещающей мергельно-меловой толщи, сеноманских песков и юрских трещиноватых известняков и мергелей на двух водозаборных участках составлял 0,2 м³/с при работе 11 скважин. Однако эта величина водоотбора не характеризует потенциальных возможностей водоносных комплексов. При заложении скважин в радиусе 5—8 км от г. Бреста общий суммарный водоотбор из верхне-среднеюрского и сеноманского водоносных горизонтов может быть увеличен до 1,5 м³/с.

Каменноугольно-фаменский водоносный комплекс приурочен к мелкозернистым слабоцементированным песчаникам и маломощным прослоям известняков нижнекаменноугольного возраста, песчаников, доломитизированным мергелям и алевролитам фаменского яруса верхнего девона. Воды комплекса повсеместно напорные. Полная мощность отложений нижнего карбона достигает 140 м; мощность отложений фаменского яруса изменяется от 70 до 115 м. Водовмещающая трещиноватая часть отложений весьма изменчива по простиранию и составляет от 50 до 70—80% общей мощности отложений. Региональная изменчивость отложений обусловливает и резкие колебания фильтрационных свойств. В результате этого коэффициенты водопроводимости изменяются от 150 до 800 м²/сут, преобладающие значения находятся в интервале 300—550 м²/сут. Максимальные значения водопроводимости получены для района г. Добеле и севернее него, где используется нижняя часть комплекса — лебедяно-елецкий водоносный горизонт, залегающий непосредственно под четвертичными отложениями.

Областью разгрузки водоносного комплекса служит Балтийское море. В г. Лиепая в результате усиленной эксплуатации направление потока изменилось и началось подтягивание морских вод. Обычно воды комплекса имеют гидрокарбонатный состав и минерализацию до 1 г/л, в пределах же г. Лиепая состав вод изменился на хлоридный и увеличилась минерализация до 3—4 г/л.

Наиболее благоприятные условия для эксплуатации каменноугольно-фаменский водоносный комплекс имеет в местах выхода непосредственно под водосодержащие четвертичные отложения. На базе этого комплекса основано сельскохозяйственное водоснабжение ряда районов и водоснабжение некоторых городов Латвии (г. Айзлуте и др.).

Бурегско-саргаевский водоносный комплекс девона развит в центральной и восточной частях Латвийского артезианского бассейна. Комплекс представлен трещиноватыми и кавернозными известняками и доломитами суммарной мощностью 50—80 м. В краевых частях территории развития комплекса из-за наличия в его разрезе глинисто-мергелистых образований водосодержащая толща характеризуется величинами коэффициента водопроводимости, равными 100—400 м²/сут, наибольшую водопроводимость имеют закарстованные карбонатные отложения в восточной части, где оно достигает 600—1600 м²/сут.

Воды бурегско-саргаевского водоносного комплекса обычно хорошего качества, с общей минерализацией 0,3—0,8 г/л, иногда отмечаются повышенные жесткость (до 11 мг-экв) и содержание железа.

Наибольший водоотбор для данного водоносного комплекса составляет около 50—70 л/с (г. Резекне), возможные дебиты водозаборов достигают 500 л/с и более.

Современный водоотбор из комплекса в пределах площади его развития, осуществляемый небольшим числом одиночных скважин, не превышает 1% общих эксплуатационных ресурсов.

Швентойско-тартусский водоносный комплекс распространен в пределах всей территории Латвии, на большей части Литвы и в северной части Эстонии. Водовмещающие породы представлены мелкозернистыми песками и слабосцементированными песчаниками, которые переслаиваются с пестроцветными глинами. Мощность отложений комплекса в районе Белорусско-Мазурского выступа кристаллического фундамента, где он залегает непосредственно под четвертичными отложениями, составляет около 120—130 м, при погружении пород мощность увеличивается до 240 м. Горизонт напорный.

Водопроводимость швентойско-тартусского водоносного комплекса изменяется по площади от 100 до 1000 м²/сут и несколько более, при среднем значении по площади около 250 м²/сут. Наиболее высокими значениями коэффициента водопроводимости характеризуются области неглубокого залегания комплекса на возвышенных частях территории. Так, в пределах Курземской и Балтийской возвышенностей среднее значение коэффициента водопроводимости достигает 150 м²/сут, а к Рижскому заливу его значение увеличивается до 600 м²/сут.

В наиболее опущенной части Польско-Литовского артезианского бассейна швентойско-тартусский водоносный комплекс содержит воды повышенной минерализации. На большей же части территории воды пресные, с минерализацией, не превышающей 1 г/л. При использовании для питьевых целей в ряде случаев требуется обезжелезивание.

Естественные ресурсы швентойско-тартусского комплекса составляют около 80 м³/с при среднем многолетнем модуле подземного стока около 1 л/с на 1км². Самые высокие модули подземного стока, достигающие 5 л/с на 1 км², отмечаются в бассейне р. Маркис, самые низкие (менее 1 л/с на 1 км²) — в северной части Среднелитовской низменности. Эксплуатационные ресурсы Польско-Литовского бассейна, приуроченные к швентойско-тартусскому водоносному комплексу, составляют около 16 м³/с, а в пределах Латвийского артезианского бассейна — 35 м³/с.

Современный отбор в Эстонской ССР вод описываемого комплекса равен всего лишь 0,2 м³/с, а общий отбор по всей площади его развития, равной 78 тыс. км², не превышает 5 м³/с. Судя по опыту эксплуатации, возможная производительность водозабора может достигать 200—400 л/с. Наиболее крупный действующий водозабор, эксплуатирующий данный комплекс, расположен в г. Риге.

В швентойско-тартусском водоносном комплексе формируются достаточно крупные месторождения подземных вод артезианских бассей-

нов платформенного типа. Основными источниками формирования эксплуатационных ресурсов этих месторождений являются подземные воды вышележащих отложений, переток которых происходит главным образом через гидрогеологические окна.

Швентойско-тартусский комплекс уже в настоящее время является основным источником пресных вод для большинства крупных городов Латвии, а его ресурсы обеспечивают рост перспективной потребности.

Пярнусский водоносный горизонт распространен в южной части Эстонии и приурочен к мелко- и среднезернистым слабосцементированным песчаникам и гравелистым алевролитам. Мощность водосодержащей толщи изменяется по площади развития горизонта от 20 до 40 м. Горизонт напорный, имеет наибольшую водообильность в местах непосредственного залегания под четвертичными отложениями, водопроводимость горизонта изменяется в пределах 50—100 м²/сут.

Для крупного водоснабжения горизонт используется только Тартусским водозабором совместно с водоносными горизонтами четвертичных и силурийских отложений. Расход водозабора из пярнусско-силурийского горизонта достигает 70—80 л/с.

Силурийский водоносный комплекс представлен в разной степени трещиноватыми известняками и доломитами, содержащими наибольшие ресурсы подземных вод в области выхода комплекса под четвертичные отложения в пределах Эстоно-Лифляндского артезианского бассейна. Условия залегания и пестрота литологического состава комплекса предопределили и значительные колебания водопроводимости как по площади, так и в разрезе. Максимальные значения водопроводимости не превышают 500 м²/сут, средние значения находятся в диапазоне 150—200 м²/сут.

Минерализация подземных вод силурийских отложений повышается при приближении к морю до 1,7 г/л.

Силурийский водоносный комплекс эксплуатируется более чем 2,5 тыс. скважин, однако около 2 тыс. из них имеют глубину менее 25 м, т. е. расположены в области выходов горизонта под маломощные четвертичные образования и вскрывают лишь верхнюю часть водоносной толщи. Дебиты одиночных эксплуатационных скважин в среднем составляют 2—3 л/с; максимальный водоотбор одиночных скважин достигает 10—12 л/с.

Ордовикский водоносный комплекс широко развит в пределах Эстонско-Лифляндского артезианского бассейна и представлен толщей карбонатных отложений.

Мощность отложений ордовика в северной приморской части Эстонии изменяется вследствие их размыва от 0 до 50 м, по мере погружения пород к югу мощность увеличивается до 100 м и более.

Наибольшее значение коэффициента водопроводимости (500 м²/сут) отмечается в районе Пандиверской возвышенности; к северу водопроводимость уменьшается до 100 м²/сут, а в районе г. Пярну равна всего лишь 20 м²/сут.

Эксплуатационные ресурсы ордовикского комплекса с учетом шахтного водоотлива равны 15—20 м³/с; используется же всего около 2,5 м³/с (с учетом водоотлива), что составляет 13% от общей величины ресурсов. Для хозяйственно-питьевых целей отбирается только 0,1 м³/с. Этот комплекс, залегая первым от поверхности земли, служит основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения небольших городов (Кейла, Тапа и др.).

Кембро-ордовикский водоносный горизонт приурочен к пескам и песчаникам, содержащим отдельные прослои алевритов.

В приморской полосе горизонт выходит на поверхность и имеет мощность 25—30 м, к юго-западу, по мере погружения подошвы горизонта, мощность его возрастает до 60 м и более. Горизонт напорный. Наибольшие значения коэффициента водопроводимости отмечаются в северной части Эстонии (от 100 до 500 м²/сут), в центральной и южной частях величина коэффициента уменьшается до 50—100 м²/сут. Соответственно изменяется и водообильность скважин — на севере удельный дебит в среднем равен 1 л/с, в южной части он уменьшается до 0,1—0,4 л/с.

Современный суммарный водоотбор по более чем 200 действующим эксплуатационным скважинам достиг 0,4 м³/с. В основном воды кембро-ордовика используются как источник хозяйственно-питьевого водоснабжения совхозных и колхозных центров, однако имеются и централизованные водозаборы.

Кембро-вендский водоносный комплекс имеет эксплуатационные ресурсы всего лишь около 2 м³/с. Ввиду большого практического значения этого комплекса для водоснабжения городов прибрежной части Эстонии (Таллин, Кохтла-Ярве и др.) условия эксплуатации его рассмотрены более подробно.

Горизонт представлен толщей песков, песчаников, алевролитов и глин и распространен повсеместно в пределах Эстоно-Лифляндского артезианского бассейна. Мощность водовмещающих отложений уменьшается от 70 до 20 м с севера на юг. Воды напорные, распределение напоров по площади в настоящее время в значительной мере определяется влиянием мощных региональных депрессионных воронок, возникших вследствие эксплуатации горизонта сосредоточенными водозаборами в районе городов Таллина и Кохтла-Ярве.

В центральной и южной частях распространения кембро-вендский комплекс повсеместно слабоводоносен, в прибрежной же части водоносность его резко возрастает.

Водоотбор из кембро-вендского водоносного комплекса достиг 1,2 м³/с, причем примерно 50% этого количества воды используется на хозяйственно-питьевые нужды. Наиболее крупными потребителями являются Таллин и Кохтла-Ярве.

Депрессионная воронка от работы Таллинского водозабора распространилась под дно Рижского залива на 17 км, а общая площадь воронки достигла 1900 км² при максимальном снижении уровня воды в центре воронки несколько более 20 м. По мере увеличения понижения происходит закономерное уменьшение величины удельного водоотбора — примерно с 2500 до 2100 м³/сут.

Депрессионная воронка Кохтла-Ярвинского водозабора имеет эллипсовидную форму, вытянутую в широтном направлении по радиусу на 30 км, а в меридиональном — на 15—20 км при понижении в центре воронки на 25—30 м ниже уровня моря.

Следует отметить, что существенного изменения качества подземных вод при такой интенсивной эксплуатации не произошло, что свидетельствует о надежности защиты горизонта донными осадками. Источниками формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод в этом районе являются, очевидно, упругие запасы.

Потребность прибрежного промышленного района в пресных подземных водах не может быть удовлетворена за счет более интенсивной эксплуатации кембро-вендского горизонта. В этом районе Балтийско-Польского артезианского бассейна требуется изыскание дополнительных источников водоснабжения, например в Таллинском районе необходимы поиски и разведка участков древних переуглубленных долин, внедрение в ряде случаев методов искусственного восполнения запасов.

Средне-Русский артезианский бассейн

Средне-Русский артезианский бассейн является одним из наиболее крупных на территории СССР. К нему приурочены значительные ресурсы пресных подземных вод, содержащихся в основных водоносных горизонтах отложений четвертичного, неогенового, палеогенового, мезозойского и палеозойского возраста.

Основные водоносные горизонты распространены, как правило, в пределах всей мощности зоны пресных вод, которая изменяется от 50—150 м на окраинах бассейна до 300—350 м в его центральной части. На большей части площади бассейна они залегают первыми от поверхности земли и перекрываются четвертичными песчано-глинистыми ледниковыми и флювиогляциальными отложениями, мощность которых изменяется от нескольких метров до 100 м и более.

В вертикальном разрезе обычно выделяется по одному основному горизонту или комплексу, но на границах бассейна прослеживается по два или три горизонта, гидравлически взаимосвязанных или разделенных выдержанными водоупорными слоями.

Воды повышенной минерализации (1—3 г/л) распространены на отдельных участках в северо-восточной части бассейна и приурочены к водоносным горизонтам пермских и каменноугольных отложений.

Участки, где горизонты не пригодны для водоснабжения из-за высокой минерализации подземных вод, занимают 2—3% территории бассейна и расположены на южном побережье Финского залива и Ладожского озера, в районе оз. Ильмень и на побережье Белого моря — от р. Сев. Двины до р. Онеги.

Ресурсы подземных вод Средне-Русского бассейна изучены неравномерно. Наиболее исследованные районы приурочены к промышленно развитым областям в центральной и южной частях бассейна. На территории Архангельской области ресурсы оцениваются по предположению.

Естественные ресурсы подземных вод зоны интенсивного водообмена бассейна оцениваются примерно в 2000 м³/с, в пределах бассейнов второго порядка они распределяются следующим образом: в Северо-Двинском — 1000 м³/с, Московском — 700 м³/с и Ленинградском — 300 м³/с.

Средняя величина модуля подземного стока равна около 2 л/с на 1 км². Максимальные значения модуля (4—6 л/с на 1 км²) наблюдаются на территории Кулойского и Ордовикского плато, где подземный сток формируется в основном в закарстованных известняках, залегающих неглубоко от поверхности. Минимальные величины модулей подземного стока (до 1 л/с на 1 км²) прослеживаются преимущественно на равнинных участках, сложенных слабопроницаемыми породами. К их числу относятся: район оз. Ильмень, где распространены девонские песчано-глинистые породы; территория, примыкающая к Рыбинскому водохранилищу, где подземный сток формируется главным образом в четвертичных ледниковых отложениях; юго-восточная окраина Средне-Русского бассейна, для которой характерна небольшая величина осадков. На остальной площади бассейна значение модулей подземного стока равно 2—3 л/с на 1 км².

Распределение естественных ресурсов подземных вод Средне-Русского бассейна по водоносным горизонтам приведено в табл. 3.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод основных водоносных горизонтов составляют 1600 м³/с, из них около половины формируется за счет естественных ресурсов. Восполняемая часть ресурсов для большей части водоносных горизонтов изменяется незначительно — от 40 до 60% (табл. 3). Исключение составляет слабонапорный горизонт в неогеновых песках на юго-восточной окраине бассейна, характеризующейся неблаго-

Таблица 3

Ресурсы подземных вод Средне-Русского артезианского бассейна

Водоносный горизонт, комплекс	Площадь оценки эксплуатационных ресурсов, тыс. км²	Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с·км²	Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы подземных вод	
		естественные	эксплуатационные			м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
			всего	восполняемые					
Водоносный горизонт четвертичных отложений	135	200	130	55	0,4—3	5	4	20	15
Водоносный горизонт неогеновых отложений	40	20	45	15	0,4—1,5	7	15		
Водоносные горизонты меловых отложений	221	170	200	100	0,1—5	20	10	7	4
Водоносный горизонт триасовых отложений	94	80	20	15	0,1—0,5	0,2	1		
Водоносный горизонт пермских отложений	215	500	95	55	0,3—0,6				
Водоносный горизонт карбоновых отложений	362	560	540	200	0,1—2,5	60	10	100	20
Водоносный горизонт девонских отложений	340	450	530	330	1—4	28	5	30	5
Водоносный горизонт ордовикских отложений	12		14						
Водоносные горизонты юрских и кембрийских отложений	55		30						
Всего		1980	1604	770		120	8	157	10

приятными условиями питания подземных вод. Восполняемая часть ресурсов здесь составляет около 30% от эксплуатационных. Обратная картина наблюдается для горизонта, сложенного триасовыми тонкозернистыми песками небольшой мощности и расположенного в зоне избыточного увлажнения. Восполняемая часть ресурсов этого горизонта достигает 70—80% от объема эксплуатационных ресурсов.

При подсчете эксплуатационных ресурсов величина восполняемой их части принималась равной 20—50% от естественных ресурсов. Кроме этого, по горизонту в каменноугольных отложениях Московского артезианского бассейна на участках взаимосвязи подземных и поверхностных вод учитывалось поступление воды из рек в процессе эксплуатации водозаборов.

По водоносным горизонтам эксплуатационные ресурсы распределены неравномерно (см. табл. 3). В каменноугольных и девонских отложениях, занимающих почти половину бассейна, эксплуатационные ресурсы подземных вод сосредоточены примерно поровну и в сумме составляют около 67% от общих ресурсов бассейна; за ними по величине ресурсов следуют горизонты меловых (12%), четвертичных (8%), пермских (6%) пород; на долю неогеновых, триасовых и ордовикских водоносных горизонтов приходится 5%. Небольшие ресурсы подземных вод (примерно 2%) заключены в юрских и кембрийских отложениях. Средний модуль эксплуатационных ресурсов подземных вод в пределах Средне-Русского бассейна составляет немногим более 1 л/с на 1 км², крайние его значения

изменяются от 0,1 до 4,5 л/с на 1 км². Наиболее высокие значения модулей наблюдаются на западной и южной окраинах бассейна, на площади распространения девонских и четвертичных горизонтов, а также в центральной части бассейна, где подземные воды приурочены к средне- и верхнекаменноугольным известнякам. Невысокие значения модулей (0,1—0,5 л/с на 1 км²) характерны для северо-восточной части бассейна, в которой развиты пермские и триасовые водоносные породы.

Эксплуатируются в основном месторождения артезианских бассейнов платформенного типа, речных долин, а в некоторых районах и флювиогляциальных отложений.

В настоящее время на территории Средне-Русского бассейна отбирается около 120 м³/с подземных вод, что составляет примерно 8% от эксплуатационных ресурсов. Наиболее интенсивно подземные воды используются в центральной и южной частях бассейна, на площади Московской, Ивановской, Калужской, Рязанской, Тульской, Брянской, Орловской, Тамбовской, Курской и Воронежской областей, на территории Белорусской ССР. Расходы действующих водозаборов, заложенных в четвертичных, меловых, каменноугольных и девонских обводненных отложениях, измеряются сотнями литров в секунду, а суммарное потребление подземных вод по отдельным городам достигает 1—1,5 м³/с.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение городов и поселков, расположенных в центральной и южной частях бассейна, в большинстве случаев целиком базируется на подземных водах, для промышленных целей используются поверхностные и подземные воды. Перспективная потребность городского и сельского населения большей частью может быть также удовлетворена за счет подземных вод. Для большинства крупных городов южной и центральной частей бассейна эксплуатационные запасы подземных вод разведаны и утверждены ГКЗ или ТКЗ в количествах, удовлетворяющих перспективную потребность.

В наиболее тяжелых условиях обеспечения подземными водами находятся города и промышленные объекты, расположенные в северо-восточной части бассейна, на площади развития слабоводоносных пород четвертичного, мезозойского и пермского возраста (Ярославская, Ивановская, Костромская и Горьковская области). Большая часть крупных городов этих областей использует для водоснабжения поверхностные воды. Перспективная потребность городов в подземных водах может быть удовлетворена только на 30—40%. Не обеспечены подземными водами такие города, как Кострома, Ярославль, Иваново, Горький и др.

В северной части бассейна (Архангельская область, Коми АССР) на площади распространения слабоводоносных пермских и триасовых отложений за счет подземных вод можно удовлетворить потребность только сельского населения. Несколько крупных городов (Архангельск и др.) практически лишены источников подземных вод.

Большая часть городов Ленинградской, Новгородской и Псковской областей использует в настоящее время преимущественно поверхностные воды. Однако перспективная потребность многих городов и поселков может быть обеспечена за счет подземных вод. Исключение составляют несколько крупных городов, находящихся в неблагоприятных гидрогеологических условиях (Ленинград, Новгород и др.).

В целом по Средне-Русскому бассейну утвержденные ГКЗ или ТКЗ запасы подземных вод составляют около 160 м³/с, т. е. всего 10% от эксплуатационных ресурсов. Большая часть утвержденных запасов приурочена к водоносным горизонтам каменноугольных пород в центральной и южной частях бассейна.

Ниже приводится характеристика ресурсов подземных вод по основным водоносным горизонтам (см. табл. 3).

Водоносные горизонты четвертичных отложений распространены почти на всей площади Средне-Русского бассейна, однако основными источниками водоснабжения они служат только в областях широкого развития флювиогляциальных образований на юго-западе и северо-востоке бассейна и аллювиальных пород в долине Волги, ниже Городца. Водовмещающие породы представлены песками от мелко- до крупно-зернистых, включающих гравий и гальку.

Наиболее высокой водообильностью характеризуются флювиогляциальные пески, распространенные в Белоруссии. Здесь общая мощность четвертичных отложений достигает 100—150 м. В этой толще выделяется несколько гидравлически взаимосвязанных водоносных горизонтов суммарной мощностью от 10 до 60 м. На северо-востоке мощность водовмещающих пород уменьшается до 10 м. Флювиогляциальные отложения характеризуются невыдержанностью мощности и фильтрационных свойств, поэтому водопроводимость их изменяется на небольших расстояниях от нескольких десятков квадратных метров в сутки до 500 м²/сут.

Аллювиальные пески в долине Волги выполняют переуглубленную долину и имеют мощность до нескольких десятков метров.

Четвертичные водоносные горизонты залегают первыми от поверхности земли и характеризуются благоприятными условиями восполнения. Модули естественных ресурсов достигают 4 л/с на 1 км² на юго-западе бассейна и уменьшаются до 0,5 л/с на 1 км² на северо-востоке.

Модули эксплуатационных ресурсов четвертичных водоносных горизонтов изменяются в широких пределах — от 0,4 до 3 л/с на 1 км². Наиболее высокие значения модулей характерны для Белоруссии, где мощности четвертичных песков достигают максимальных значений и наблюдаются благоприятные условия питания горизонтов. На северо-востоке бассейна модули колеблются от 0,5 до 1 л/с на 1 км².

На большей части распространения флювиогляциальных песков возможные дебиты групповых водозаборов составляют несколько десятков литров в секунду. На отдельных участках территории Белоруссии дебиты увеличиваются до 200—500 л/с, в переуглубленных долинах Волги и Оки возможно заложение водозаборов с производительностью в несколько сотен литров в секунду.

В Белоруссии воды четвертичных отложений широко используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения не только сельского населения, но и крупных городов и промышленных объектов с потребностью в несколько кубических метров в секунду (Минск, Борисов и др.). Для удовлетворения потребности этих городов эксплуатируются по нескольку групповых водозаборов с производительностью каждого 300 л/с и более. В результате работы водозаборов развиваются неглубокие воронки депрессии с радиусами влияния в несколько километров. Режим работы установившийся или близкий к установившемуся. Расход водозаборов формируется за счет поступления воды из вышележащей песчано-глинистой толщи и поверхностных вод.

Как отмечено выше, несмотря на интенсивную эксплуатацию, существующий водоотбор из четвертичных отложений не превышает нескольких процентов от эксплуатационных ресурсов. Имеются значительные резервы для увеличения водоотбора подземных вод, которые могут обеспечить потребности расположенных на территории их распространения городов и промышленных объектов. Для значительного числа этих городов подземные воды разведаны и запасы их в количестве 20 м³/с утверждены ГКЗ или ТКЗ.

Менее благоприятны условия водоснабжения городов, расположенных на территории развития флювиогляциальных водоносных горизон-

тов на северо-востоке бассейна. Подземные воды здесь могут удовлетворять потребности сельских населенных пунктов и небольших городов.

Водоносный горизонт неогеновых отложений занимает незначительную площадь (около 3%) на юго-восточной окраине Средне-Русского бассейна. Водовмещающими породами служат пески от крупно- до тонкозернистых. В зависимости от изменения гранулометрического состава и мощности песков водопроводимость их изменяется от 30 до 400 м²/сут; максимальные значения этого параметра приурочены к западной границе площади распространения песков.

Горизонт неогеновых песков перекрывается четвертичными водоносными песчано-глинистыми отложениями, с которыми образует единую водоносную толщу. На северо-востоке этот горизонт подстилается девонскими известняками или сеноман-альбскими песками, с водами которых также существует гидравлическая связь.

Водоносный горизонт неогеновых пород является основным источником формирования подземного стока в реки района. Среднегодовой модуль подземного стока изменяется от 0,3 до 1 л/с на 1 км², а среднее его значение составляет около 0,45 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы, которые формируются в основном за счет осушения четвертичной и неогеновой рыхлой толщи, приблизительно в два раза превышают естественные. Модули эксплуатационных ресурсов уменьшаются от 1,5 л/с на 1 км² на площадях распространения крупнозернистых песков до 0,4 л/с на 1 км² на участках развития тонкозернистых песков. Соответственно изменяются и возможные дебиты водозаборов — от нескольких сотен до нескольких десятков литров в секунду.

Неогеновый водоносный горизонт интенсивно эксплуатируется совместно с четвертичным в Воронежской, Тамбовской и на юге Липецкой областей. В настоящее время здесь действует более 1000 скважин, с помощью которых отбирается 15—20% ресурсов. Наиболее крупные водозаборы производительностью несколько кубических метров в секунду расположены в Воронеже. Водозаборы инфильтрационного типа; получают основное питание из рек, работают при установившейся фильтрации. Относительно крупный водозабор производительностью в несколько сотен литров в секунду размещен в Липецке, в остальных городах дебит водозаборов не превышает 100 л/с. Скважины в большинстве случаев расположены недалеко от рек и расходы их в значительной мере формируются за счет поверхностных вод.

Водопотребители на территории распространения четвертичных и неогеновых песков сравнительно обеспечены подземными водами, а их перспективная потребность в воде может быть удовлетворена за счет подземных вод.

Для ряда крупных городов (Воронежа, Борисоглебска, Георгиу-Деж) подземные воды разведаны и утверждены в ГКЗ в количествах, удовлетворяющих перспективную потребность. Вновь сооруженные водозаборы, так же как и большая часть действующих, относятся к инфильтрационному типу.

Водоносные горизонты меловых отложений распространены на южной окраине бассейна и на небольшой площади в его центральной части. В меловых отложениях выделяется два водоносных горизонта, приуроченных к маастрихт-туронским мелу и мергелям и сеноман-альбским мелко-, средне- и разнозернистым пескам. Горизонт в сеноман-альбских песках имеет повсеместное распространение, в маастрихт-туронских породах развит только на юго-западе бассейна, в Белоруссии и Брянской области. Оба горизонта меловой толщи на большей части территории гидравлически взаимосвязаны. На территории Белоруссии, от западной границы бассейна до Днепра, водоносные горизон-

ты мела гидравлически связаны с водами четвертичных образований, и ресурсы их определяются суммарно. На восточной границе бассейна суммарно оцениваются ресурсы подземных вод горизонтов сеноманальбских и верхнедевонских отложений. Мощность мергельно-мелового горизонта увеличивается от 10 до 100 м по мере погружения в юго-западном направлении; мощность водоносных песков изменяется от 10 до 50 м.

Породы маастрихт-туронского горизонта характеризуются неравномерной трещиноватостью и закарстованностью, в связи с чем водообильность его в долинах рек наибольшая, а на водоразделах многие скважины практически безводны. Водообильные участки занимают примерно 25% всей площади распространения водоносного горизонта, ширина их вдоль долин рек изменяется от 1 до 15 км. Водопроводимость мергельно-меловых пород изменяется от нескольких сотен квадратных метров в сутки в долинах рек до нескольких десятков квадратных метров в сутки на водоразделах, водопроводимость верхнемеловых песков составляет 100—200 м²/сут.

Подземные воды мергельно-меловой толщи в долинах рек могут использоваться для водоснабжения крупных городов и промышленных объектов, на водоразделах только для водоснабжения сельского населения. Дебиты водозаборов, заложенных в песках, составляют несколько сотен литров в секунду.

Естественные ресурсы подземных вод меловых и рассматриваемых совместно с ними водоносных пород оцениваются примерно в 170 м³/с. На бо́льшей площади распространения меловых отложений модуль подземного стока колеблется в пределах 1—2 л/с на 1 км², несколько увеличиваясь с юго-запада на северо-восток. У юго-восточной границы бассейна, там, где распространены основные водоносные горизонты меловых и девонских пород, модуль уменьшается до 0,4 л/с на 1 км², что объясняется уменьшением влажности климата в этом направлении.

Эксплуатационные ресурсы меловых отложений составляют примерно 200 м³/с, из них около 25 м³/с приурочено к меловым и четвертичным отложениям, расположенным в центральной части бассейна. Модуль восполнения эксплуатационных ресурсов на большей площади равен 0,8—1 л/с на 1 км², уменьшаясь на юго-восточной окраине бассейна до 0,1 л/с на 1 км². Модуль за счет сработки естественных запасов также относительно постоянен по площади и составляет 0,4—0,7 л/с на 1 км². Соответственно и модуль эксплуатационных ресурсов колеблется в небольших пределах — от 1 до 2 л/с на 1 км². Приведенная величина модулей для мергельно-меловой толщи является осредненной, в долинах рек значение модулей достигает 5 л/с на 1 км², а на водоразделах уменьшается до 0,1 л/с на 1 км².

Подземные воды меловых отложений широко используются главным образом для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Наиболее интенсивно они эксплуатируются в районе городов Губкин и Старый Оскол, а также в южной части Брянской области. Модуль использования подземных вод на этой территории достигает 0,4 л/с на 1 км², в то время как на остальной площади развития горизонтов он не превышает 0,1 л/с на 1 км². Общий водоотбор из меловых пород, включая водоотлив из шахт и рудников КМА, не превышает 10% от эксплуатационных ресурсов.

Действующие скважины преимущественно одиночные, реже они образуют относительно небольшие групповые водозаборы по 10—20 скважин в каждом. Наиболее крупные водозаборы работают в Курске и Губкине. Большая часть водозаборов расположена в долинах рек, воды которых являются основным источником их питания. Понижения уровня в этих

водозаборах не превышали 10 м, а режим работы их близок к установившемуся.

Перспективная потребность города и заводов, размещенных на площади развития меловых водоносных отложений, как правило, обеспечивается подземными водами. Это относится и к району КМА. Не влияние водопонижений в шахтах и карьерах обычно не распространяется на действующие и проектируемые водозаборы, так как их питание осуществляется преимущественно из поверхностных источников.

Разведанные в пределах области ресурсы подземных вод меловых отложений равны 7 м³/с. Это составляет всего около 4% от эксплуатационных ресурсов. Почти 60% этих запасов сосредоточено в Курской области.

Водоносный [illegible] является основным источником водоснабжения в северо-восточной части Среднерусского бассейна. Водоносные пласты представлены глаукони[illegible] постями [illegible] и прослоями песков и песчаников. Отложения [illegible] водопроводимость, водопроводимость [illegible] эксплуатационные [illegible] водозаборов [illegible] м³/сут.

Местами [illegible] в пределах распространения пресных отложений [illegible] м³/с, а эксплуатационные ресурсы [illegible] м³/с. Разведанные ресурсы, равные 25 м³/с, сосредоточены в пределах Курской области. Модули эксплуатационных ресурсов изменяются в пределах 1,5—0,5 л/с на 1 км².

[illegible] используются для водоснабжения [illegible] с помощью шахтных колодцев и [illegible] Дебиты [illegible] от долей литра в секунду до 4 л/с. [illegible] эксплуатационного горизонта [illegible] м. Водоносность [illegible] которых обеспечивается [illegible] водопроводимость. В дальнейшем подземные воды [illegible] могут быть обеспечены только сельские населенные пункты с потребностью не более 30 л/с; крупных городов на [illegible] горизонтов триасовых отложений не [illegible]

Водоносный горизонт пермских отложений распространен в [illegible] Донецком артезианском бассейне. Водовмещающие породы имеют [illegible] литологический состав. Наиболее водообильны [illegible] кунгурского яруса и доломито-известняковая толща ассельского и [illegible] яруса, водопроницаемость которых составляет 100—300 м²/сут. Татарские и уфимские отложения представлены мергелисто-песчано-глинистой [illegible] водопроводимостью от 10 до 150 м²/сут. Мощность пермских отложений, содержащих пресные воды, изменяется от 10 до 70 м, водоносные горизонты в основном безнапорные.

Для пермских отложений характерно присутствие ангидритов и гипсов, обусловливающих повышенную минерализацию вод. Участки подземных вод с минерализацией от 1 до 3 г/л, где оценивались эксплуатационные ресурсы, приурочены у северо-западной границы распространения водоносного горизонта в отложениях артинского и кунгурского ярусов.

Естественные ресурсы подземных вод пермских отложений из-за слабой изученности территории определялись совместно с ресурсами вод четвертичных образований. Общий объем стока на площади распространения основных горизонтов достигает 500 м³/с. Модули подземного стока уменьшаются с северо-запада на юго-восток от 2,5 до 1 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы подземных вод пермских отложений составляют примерно 90 – 95 м³/с, из них около 60% приходится на воспол-

няемые. В обоснование потенциальных ресурсов принимается только 10% от естественных, так как горизонт пресных вод имеет небольшую мощность в общей зоне активного водообмена, для которой определялся подземный сток.

На большей части площади распространения отложений модуль эксплуатационных ресурсов составляет 0,3—0,4 л/с на 1 км² и только в казанских и нижнепермских известняках увеличивается до 0,6 л/с на 1 км². Модули за счет сработки естественных запасов достигают 0,4 л/с на 1 км² в известняках и понижаются до 0,12 л/с на 1 км² в песчано-глинистой толще. Невысокие значения модулей связаны с небольшой мощностью зоны пресных вод и небольшими величинами водоотдачи пород.

Подземные воды пермских отложений могут быть использованы в основном для водоснабжения сельского населения, в казанских известняках производительность водозаборов на отдельных участках может достигать нескольких сотен литров в секунду.

В большей части городов и поселков, расположенных на площади распространения пермских отложений, используются для водоснабжения поверхностные воды. Перспективная потребность в воде крупных городов Архангельской, Вологодской и Горьковской областей также не может быть удовлетворена за счет подземных вод.

Водоносные горизонты каменноугольных отложений, в которых сосредоточена третья часть эксплуатационных ресурсов подземных вод, распространены в центральной его части Средне-Русского артезианского бассейна. В каменноугольных породах выделяется до восьми водоносных горизонтов, сложенных трещиноватыми, местами закарстованными известняками и доломитами; они разделены регионально-выдержанными слоями глин мощностью до 20 м. Отдельные водоносные горизонты имеют мощность от 10 до 80 м, а вся водоносная толща известняков — от 10 до 200 м (увеличение происходит по мере погружения пород). К северо-востоку от линии городов Москва — Калинин основные водоносные горизонты карбона перекрыты глинистыми юрскими отложениями, наибольшая мощность которых (до 50 м и более) наблюдается на северо-востоке, на остальной площади она не превышает 10 м. Участки размыва глинистых отложений приурочены к долинам рек Оки, Упы, Клязьмы, Угры, Москвы и др.

Водопроводимость карбоновых известняков высокая и измеряется сотнями квадратных метров в сутки, в долинах рек водопроводимость достигает 1000 м²/сут и более, а на водоразделах местами уменьшается до десятков квадратных метров в сутки. В целом в пределах Московского артезианского бассейна отмечается увеличение водопроводимости известняков по разрезу от 150—300 м²/сут (нижнекарбоновых) до 1000—1200 м²/сут (верхнекарбоновых).

Естественные ресурсы подземных вод каменноугольных отложений оцениваются приблизительно в 560 м³/с, средний модуль подземного стока равен 1,7 л/с на 1 км², крайние значения модуля от 3—5 л/с на 1 км² на севере в карстовых районах до 1—1,5 л/с на 1 км² на юге.

Эксплуатационные ресурсы карбоновых известняков составляют примерно 540 м³/с. При их оценке было принято, что около 60% ресурсов формируются за счет осушения пласта, перетекания из вышележащих горизонтов и снятия напора и 40% — за счет привлечения естественных ресурсов и поступления воды из рек в процессе эксплуатации водозаборов. Однако это соотношение не остается постоянным на всей площади распространения водоносных горизонтов, а изменяется в зависимости от условий их залегания и питания, а также принятых допустимых понижений. В пределах Московского артезианского бассейна, где подземные воды карбоновых отложений хорошо изучены и широко

водозаборах не превышают 10 м, а режим работы их близок к установившемуся.

Перспективная потребность городов и поселков, размещенных на площади развития меловых водоносных отложений, как правило, обеспечивается подземными водами. Это относится и к району КМА, где влияние водопонижений в шахтах и карьерах обычно не распространяется на действующие и проектируемые водозаборы, так как их питание осуществляется преимущественно из поверхностных источников.

Разведанные и утвержденные в ГКЗ запасы подземных вод меловых отложений равны 7 м³/с, что составляет всего около 4% от эксплуатационных ресурсов. Почти 55% этих запасов сосредоточено в Курской области.

Водоносный горизонт триасовых пород является основным источником водоснабжения в северо-восточной части Средне-Русского бассейна. Триасовые отложения представлены глинистыми разностями пород мощностью 50—60 м с прослоями песков и конгломератов. Отложения характеризуются невысокой водоносностью, водопроводимость их не превышает 50 м²/сут, возможные дебиты групповых водозаборов, вскрывающих этот горизонт, до 30 л/с.

Модули естественных ресурсов в районе распространения триасовых отложений составляют 1—1,5 л/с на 1 км², а естественные ресурсы определены примерно в 80 м³/с. Эксплуатационные ресурсы, равные 20 м³/с, формируются в основном за счет естественных. Модули эксплуатационных ресурсов изменяются в пределах 0,1—0,5 л/с на 1 км².

Подземные воды триасовых отложений используются для водоснабжения сельского населения с помощью шахтных колодцев и одиночных буровых скважин, дебиты которых изменяются от долей литра в секунду до 4 л/с. На площади распространения водоносного горизонта эксплуатируется примерно 200 скважин, из которых отбирается около 1% эксплуатационных ресурсов подземных вод. В дальнейшем подземными водами триасовых отложений могут быть обеспечены только сельские населенные пункты с потребностью не более 30 л/с; крупных городов на площади развития водоносных горизонтов триасовых отложений не имеется.

Водоносный горизонт пермских отложений распространен в Северо-Двинском артезианском бассейне. Водовмещающие породы имеют пестрый литологический состав. Наиболее водообильны известняки казанского яруса и доломито-известняковая толща ассельского и сакмарского ярусов, водопроводимость которых составляет 100—300 м²/сут. Татарские и уфимские отложения представлены мергелисто-песчано-глинистыми породами водопроводимостью от 10 до 150 м²/сут. Мощность пермских отложений, содержащих пресные воды, изменяется от 10 до 70 м; водоносные горизонты в основном безнапорные.

Для пермских отложений характерно присутствие ангидритов и гипсов, обусловливающих повышенную минерализацию вод. Участки подземных вод с минерализацией от 1 до 3 г/л, где оценивались эксплуатационные ресурсы, выделяются у северо-западной границы распространения водоносного горизонта в отложениях артинского и кунгурского ярусов.

Естественные ресурсы подземных вод пермских отложений из-за слабой изученности территории определялись совместно с ресурсами вод четвертичных образований. Общий объем стока на площади распространения основных горизонтов достигает 500 м³/с. Модули подземного стока уменьшаются с северо-запада на юго-восток от 2,5 до 1 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы подземных вод пермских отложений составляют примерно 90—95 м³/с, из них около 60% приходится на воспол-

няемые. В обоснование потенциальных ресурсов принимается только 10% от естественных, так как горизонт пресных вод имеет небольшую мощность в общей зоне активного водообмена, для которой определялся подземный сток.

На большей части площади распространения отложений модуль эксплуатационных ресурсов составляет 0,3—0,4 л/с на 1 км² и только в казанских и нижнепермских известняках увеличивается до 0,6 л/с на 1 км². Модули за счет сработки естественных запасов достигают 0,4 л/с на 1 км² в известняках и понижаются до 0,12 л/с на 1 км² в песчано-глинистой толще. Невысокие значения модулей связаны с небольшой мощностью зоны пресных вод и небольшими величинами водоотдачи пород.

Подземные воды пермских отложений могут быть использованы в основном для водоснабжения сельского населения, в казанских известняках производительность водозаборов на отдельных участках может достигать нескольких сотен литров в секунду.

В большей части городов и поселков, расположенных на площади распространения пермских отложений, используются для водоснабжения поверхностные воды. Перспективная потребность в воде крупных городов Архангельской, Вологодской и Горьковской областей также не может быть удовлетворена за счет подземных вод.

Водоносные горизонты каменноугольных отложений, в которых сосредоточена третья часть эксплуатационных ресурсов подземных вод, распространены в центральной его части Средне-Русского артезианского бассейна. В каменноугольных породах выделяется до восьми водоносных горизонтов, сложенных трещиноватыми, местами закарстованными известняками и доломитами; они разделены регионально-выдержанными слоями глин мощностью до 20 м. Отдельные водоносные горизонты имеют мощность от 10 до 80 м, а вся водоносная толща известняков — от 10 до 200 м (увеличение происходит по мере погружения пород). К северо-востоку от линии городов Москва — Калинин основные водоносные горизонты карбона перекрыты глинистыми юрскими отложениями, наибольшая мощность которых (до 50 м и более) наблюдается на северо-востоке, на остальной площади она не превышает 10 м. Участки размыва глинистых отложений приурочены к долинам рек Оки, Упы, Клязьмы, Угры, Москвы и др.

Водопроводимость карбоновых известняков высокая и измеряется сотнями квадратных метров в сутки, в долинах рек водопроводимость достигает 1000 м²/сут и более, а на водоразделах местами уменьшается до десятков квадратных метров в сутки. В целом в пределах Московского артезианского бассейна отмечается увеличение водопроводимости известняков по разрезу от 150—300 м²/сут (нижнекарбоновых) до 1000—1200 м²/сут (верхнекарбоновых).

Естественные ресурсы подземных вод каменноугольных отложений оцениваются приблизительно в 560 м³/с, средний модуль подземного стока равен 1,7 л/с на 1 км², крайние значения модуля от 3—5 л/с на 1 км² на севере в карстовых районах до 1—1,5 л/с на 1 км² на юге.

Эксплуатационные ресурсы карбоновых известняков составляют примерно 540 м³/с. При их оценке было принято, что около 60% ресурсов формируются за счет осушения пласта, перетекания из вышележащих горизонтов и снятия напора и 40% — за счет привлечения естественных ресурсов и поступления воды из рек в процессе эксплуатации водозаборов. Однако это соотношение не остается постоянным на всей площади распространения водоносных горизонтов, а изменяется в зависимости от условий их залегания и питания, а также принятых допустимых понижений. В пределах Московского артезианского бассейна, где подземные воды карбоновых отложений хорошо изучены и широко

эксплуатируются, допустимое понижение принимается равным 200—250 м, поэтому модуль сработки естественных (в том числе и упругих) запасов на этой территории достигает 1,7—2 л/с на 1 км² в горизонтах верхнего и среднего карбона и 0,7 л/с на 1 км² — нижнего карбона. В Северо-Двинском бассейне значения модуля за счет сработки естественных запасов составляют 0,3—0,4 л/с на 1 км².

Восполнение эксплуатационных ресурсов принималось равным 20—50% от среднегодового подземного стока. Бо́льший процент восполнения наблюдается в северных районах, где известняки интенсивно закарстованы и залегают близко от поверхности. В соответствии с закономерным уменьшением модулей подземного стока в карбоновых отложениях с северо-запада на юго-восток модуль восполнения уменьшается в этом же направлении от 1,5 до 0,2 л/с на 1 км². Инфильтрация поверхностных вод учитывалась только в Московском артезианском бассейне, в долинах наиболее крупных рек, главным образом на участках, где отсутствуют юрские глины и наблюдается связь подземных и поверхностных вод.

Среднее значение модуля эксплуатационных ресурсов карбоновых горизонтов равно 1,7 л/с на 1 км², крайние значения колеблются от 0,1 до 2,5 л/с на 1 км². Минимальные его величины характерны для нижнекарбонового водоносного горизонта, максимальные — для средне- и верхнекарбоновых горизонтов в пределах всего Московского артезианского бассейна, на территории Московской, Владимирской, юго-западной части Горьковской областей и Мордовской АССР.

На большей части развития каменноугольных водоносных горизонтов подземные воды могут обеспечить потребность крупных городов и промышленных объектов. Наиболее перспективные участки для заложения водозаборов приурочены к долинам рек. Сравнительно небольшие по производительности водозаборы могут быть созданы в краевых частях Московского бассейна, где нижнекаменноугольные отложения характеризуются сравнительно невысокими значениями водопроводимости.

Подземные воды карбоновых отложений широко используются для водоснабжения, удовлетворяя потребности в хозяйственно-питьевой воде почти всех населенных пунктов, расположенных на площади их развития. Большая часть групповых водозаборов с суммарной производительностью около 35 м³/с сосредоточена в пределах Московской и западной части Владимирской областей, что составляет около 30% от эксплуатационных ресурсов этого района. Примерно 15 м³/с расходуется на южном крыле Московского артезианского бассейна и несколько кубических метров в секунду — на западном. В Северо-Двинском бассейне водоотбор осуществляется в основном одиночными скважинами.

Дебиты отдельных групповых водозаборов изменяются от нескольких десятков литров в секунду до 0,5 м³/с. Как показали результаты моделирования, проведенного ГУЦР и ВСЕГИНГЕО, около 60% общего расхода на этих водозаборах формируется за счет поступления речных вод и площадного перетекания из надъюрских водоносных горизонтов и только 40% — за счет перехвата естественного потока горизонта, упругих запасов и осушения пласта. На большей части водозаборов, расположенных вблизи крупных рек и водохранилищ или в древних долинах размыва, выполненных аллювиальными или флювиогляциальными песками, режим работы близок к установившемуся. Формирующиеся воронки депрессии неглубокие и имеют небольшое площадное распространение.

При эксплуатации отдельных водозаборов, вскрывающих водоносные карбоновые отложения под регионально выдержанными юрскими или карбоновыми глинами, наблюдается неустановившийся режим филь-

трации, глубина воронок достигает нескольких десятков метров, а влияние водозабора прослеживается на 50—60 км.

В настоящее время суммарный водоотбор из карбоновых водоносных горизонтов составляет только около 10% от эксплуатационных ресурсов, следовательно, имеются огромные резервы для удовлетворения потребности в воде городского и сельского населения. Отбор подземных вод в центральной части Московского бассейна, где происходит наиболее интенсивная эксплуатация, может быть увеличен примерно в 2,5 раза. С ростом водоотбора ожидается увеличение питания водоносного горизонта за счет инфильтрации из рек и перетекания вод из вышележащих отложений; этот приток, по данным моделирования, может достигнуть примерно 70% от будущего водоотбора.

Перспективная потребность в воде городов, за исключением Москвы, промышленных объектов и сельских населенных пунктов, расположенных на площади развития водоносных горизонтов карбоновых отложений, может быть в основном удовлетворена за счет подземных вод, однако для ряда крупных городов Московской области потребуется переброска подземных вод внутри бассейна на значительные расстояния.

В настоящее время утвержденные ГКЗ и ТКЗ эксплуатационные запасы подземных вод каменноугольных водоносных горизонтов составляют около 100 м³/с, 80% этих запасов сосредоточена в пределах Московской области, остальные — в Рязанской, Тульокой, Калининской, Калужской и Горьковской областях.

Водоносный горизонт девонских отложений выделяется в качестве основного на западе и юге бассейна, в районе Главного и Центрального девонских полей. По количеству ресурсов подземных вод этот горизонт равнозначен карбоновым. На западе и северо-западе Средне-Русского бассейна водовмещающие породы представлены главным образом песчано-глинистыми образованиями, на юго-западе и юге — известняками. На большей площади распространения горизонт перекрыт четвертичной песчано-глинистой толщей, мощность которой на Главном девонском поле достигает 60—80 м и уменьшается до 10 м в районе Центрального девонского поля.

Мощность рассматриваемого водоносного горизонта изменяется от 10 до 150 м. В северной части Центрального девонского поля горизонт безнапорный, на остальной площади напор изменяется от 10 до 100 м.

Водовмещающие породы характеризуются неравномерной трещиноватостью и закарстованностью, в связи с этим водопроводимость песчано-глинистой толщи изменяется в пределах 10—150 м²/сут, максимальные значения достигают 800 м²/сут; в известняках от водоразделов к долинам рек водопроводимость увеличивается от 100 до 1500 м²/сут и более.

Естественные ресурсы подземных вод девонских пород составляют примерно 450 м³/с. Модуль подземного стока на Главном девонском поле изменяется от 1 до 3 л/с на 1 км². Минимальные значения модуля приурочены к Прильменской низменности, где распространены наименее проницаемые породы; максимальные наблюдаются в Белоруссии, на площади распространения известняков и на юге Ленинградской области, в районе развития мощной песчаной толщи среднего и верхнего девона. На Центральном девонском поле модуль подземного стока уменьшается от 2,5 до 1 л/с на 1 км² — в юго-восточном направлении по мере увеличения засушливости климата.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод девонских водоносных пород оцениваются примерно в 530 м³/сут. Для большей площади распространения водоносных горизонтов доля восполняемых ресурсов составляет 60—65% и только на крайней северо-западной части бассейна,

в районе развития средне-верхнедевонских отложений, имеющих значительные естественные запасы, восполняемая часть ресурсов уменьшается до 15%. В обоснование эксплуатационных ресурсов принято 50—60% от естественных ресурсов водоносного горизонта. В северной части Центрального девонского поля (Тульская область) объем возможной инфильтраций воды из рек оценивается примерно в 90 м³/с.

На большей площади распространения девонских отложений модуль эксплуатационных ресурсов колеблется в пределах 1—2 л/с на 1 км². На территории Белоруссии, где эксплуатационные ресурсы девонских отложений оцениваются совместно с четвертичными, на юге Ленинградской, Витебской и Смоленской областей, а также в северной части Центрального девонского поля модули эксплуатационных ресурсов возрастают до 4 л/с на 1 км². Эти районы характеризуются наиболее высокими фильтрационными свойствами пород и благоприятными условиями питания подземных вод.

Модуль за счет сработки запасов в среднем равен 0,8 л/с на 1 км², но в песчано-глинистых отложениях, содержащих водоносных песков не более 20% от мощности толщи, значение его не превышает 0,4 л/с на 1 км². В мощной толще песков и песчаников среднего и верхнего девона модуль увеличивается до 2,7 л/с на 1 км², а в известняках в зависимости от водоотдачи и мощности значение модуля изменяется от 0,5 до 1 л/с на 1 км².

В настоящее время для городского и сельского населения на территории распространения водоносных горизонтов девонских пород используется около 25 м³/с, что составляет всего 5% от потенциальных эксплуатационных ресурсов. Наиболее интенсивно подземные воды эксплуатируются в районе Центрального девонского поля, где они являются основным источником водоснабжения всех областных центров (Орла, Брянска, Липецка, Тамбова) и большей части расположенных здесь городов и поселков. На территории южной части Главного девонского поля подземные воды удовлетворяют потребности в воде таких городов, как Смоленск, Витебск, а также широко используются для водоснабжения районных центров и сельских населенных пунктов. Водоснабжение областных центров северной части Главного девонского поля (Псков, Новгород) базируется на поверхностных водах.

В крупных городах эксплуатируется до 100 скважин и более, суммарный водоотбор из них достигает 1,5 м³/с, производительность отдельных групповых водозаборов измеряется сотнями литров в секунду.

Действующие водозаборы находятся в различных гидрогеологических условиях, обусловливающих питание водоносных горизонтов. Наименее благоприятные условия восполнения запасов наблюдаются на участках, где девонские известняки залегают на глубине около 100 м и перекрыты регионально выдержанными юрскими глинами мощностью 40—80 м. Эти площади относительно глубокого залегания водоносного горизонта, эксплуатируемого совместно с горизонтом в юрских породах, расположены в юго-западной части бассейна на территории Курской, Брянской и Орловской областей. Водозаборы в Брянске и Курске работают несколько десятилетий при неустановившемся режиме, в результате чего понижения в центре воронки депрессии достигают 50—60 м, а влияние водоотбора распространяется до 60—80 км. Основную роль в питании этих водозаборов, очевидно, играют упругие запасы продуктивных водоносных горизонтов, эксплуатационные запасы которых в районе действующих водозаборов находятся на пределе и дальнейшее расширение водоотбора невозможно.

Другая группа действующих водозаборов расположена на водоразделах на расстоянии до 5 км и более от крупных рек. Девонские извест-

няки на этих участках залегают на глубине нескольких десятков метров и перекрыты песчано-глинистыми моренными и водно-ледниковыми четвертичными отложениями. Такие гидрогеологические условия характерны для южной части Главного девонского поля, здесь действуют водозаборы в Смоленске и Витебске. Формирование расхода на этих водозаборах происходит главным образом за счет перетекания из вышележащей обводненной толщи, однако величина перетекания обычно меньше дебита водозабора, вследствие чего происходит частичная сработка упругих запасов. Водозаборы работают, как правило, при неустановившемся режиме, но воронки депрессии не достигают больших размеров, понижения уровня в центре их не превышают 30 м, а радиусы влияния — 10 км.

В наиболее благоприятных условиях находятся водозаборы, вскрывающие водоносные девонские известняки в долинах крупных рек, где они перекрыты аллювиальными, моренными или водно-ледниковыми отложениями небольшой мощности (не более 5—10 м). Такие водозаборы работают как инфильтрационные при установившемся режиме. Влияние их распространяется от реки всего на несколько километров, а понижения в наиболее глубокой части воронки депрессии не превышают 20 м. Это наиболее распространенный тип крупных действующих водозаборов, расположенных в городах Орле, Липецке, Тамбове, Витебске, Смоленске и др.

Все описанные типы крупных водозаборов расположены на территории, сложенной карбонатными породами девона. В Ленинградской, Псковской и Новгородской областях, где девон представлен песчано-глинистыми разностями, крупные групповые водозаборы отсутствуют и подземные воды вскрываются одиночными скважинами или небольшими группами скважин.

Для большего числа крупных городов, расположенных на площади развития водоносного горизонта девонских пород, эксплуатационные запасы утверждены ГКЗ по действующим водозаборам и разведанным участкам в количествах, удовлетворяющих перспективную потребность в воде. Всего утверждено около 30 м³/с. Большая часть утвержденных запасов относится к южной части бассейна и приурочена к участкам и действующим водозаборам, расположенным в долинах рек.

Водоносный горизонт ордовикских известняков и доломитов распространен на крайней северо-западной части Средне-Русского артезианского бассейна. К ней приурочено лишь около 1% эксплуатационных ресурсов бассейна (14 м³/с), однако этот горизонт отличается высокой водообильностью и имеет большое значение для водоснабжения городов и поселков Ленинградской области. Подземные воды ордовикских отложений служат источником водоснабжения городов, расположенных на южном берегу Финского залива и в южной части Карельского перешейка, где отсутствуют водоносные горизонты.

Восточно-Русский артезианский бассейн

В Восточно-Русском артезианском бассейне сосредоточены крупные ресурсы пресных подземных вод. Эти воды приурочены к отложениям различного возраста — от кайнозоя до палеозоя.

Мощность основных расчетных водоносных комплексов различная и определяется прежде всего глубиной залегания минерализованных вод. Мощность зоны пресных вод в коренных породах в целом уменьшается с севера на юг с 300 до 20 м и меньше в соответствии с климатической зональностью, а также литологическими и фильтрационными свойствами водовмещающих пород. Мощность основного водоносного комплекса ал-

люлювиальных отложений зависит от мощности отложений данного генезиса и, как правило, не связана с гидрохимическими факторами. В вертикальном разрезе обычно выделяется один, реже два или три основных водоносных комплекса.

Изученность ресурсов подземных вод в пределах Восточно-Русского артезианского бассейна неравномерная. Наименее изучены северная часть бассейна (территория Коми АССР) и южная (Оренбургская и Саратовская области). Наиболее полно изучены районы Предуралья и Поволжья, где подземные воды интенсивно используются для хозяйственно-питьевых и технических целей.

Общая величина естественных ресурсов пресных подземных вод зоны интенсивного водообмена, оцененная по среднемноголетнему модулю подземного стока, составляет для бассейна около 1100 м³/с. Модуль подземного стока для территории бассейна колеблется в широких пределах — от величины менее 0,1 до 3,5 л/с на 1 км², в среднем составляет 1,3 л/с на 1 км². Минимальными значениями модуля подземного стока характеризуются южные районы бассейна; высокие значения модуля характерны для северной части бассейна (Коми АССР) и Предуралья. Величины естественных ресурсов отдельных водоносных горизонтов приведены в табл. 4.

В пределах Восточно-Русского артезианского бассейна эксплуатационные ресурсы подсчитывались по основным водоносным комплексам (см. табл. 4). Из них как по площади распространения, так и по количеству эксплуатационных ресурсов (около 43%) ведущим является пермский. Важное значение имеет также водоносный комплекс аллювиальных и озерно-аллювиальных четвертичных и четвертичных — неогеновых отложений в долинах рек (около 24% эксплуатационных ресурсов бассейна). Примерно 11% эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод Восточно-Русского артезианского бассейна приурочено к водоносному комплексу четвертичных — неогеновых — меловых отложений, распространенному в южной части Сурско-Хоперского артезианского бассейна (междуречье Хопра и Волги). В целом к водоносным комплексам пермских, аллювиальных и озерно-аллювиальных четвертичных — неогеновых, четвертичных — неогеновых — меловых отложений приурочено около 80% общих эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод всего Восточно-Русского артезианского бассейна. Площадь развития указанных комплексов составляет около 73% общей площади рассматриваемой территории. Подчиненное значение имеют водоносные комплексы меловых, палеогеновых — меловых, юрских, триасовых и каменноугольных отложений. И, наконец, незначительные эксплуатационные ресурсы приурочены к водоносным комплексам ограниченного и спорадического распространения: верхненеогеновых; меловых — юрских; палеогеновых — меловых, юрских — триасовых отложений.

Общая величина эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод Восточно-Русского бассейна составляет около 625 м³/с, при этом несколько менее ее половины обеспечивается сработкой естественных (емкостных и упругих) запасов, а остальная часть — восполнением за счет инфильтрации поверхностных вод и атмосферных осадков. Соотношение срабатываемых и восполняемых ресурсов колеблется в широких пределах (см. табл. 4). Так, для водоносных комплексов четвертичных — неогеновых и четвертичных — неогеновых — меловых отложений южной части Сурско-Хоперского артезианского бассейна доля восполнения составляет около 5% от величины эксплуатационных ресурсов. В формировании эксплуатационных ресурсов водоносного комплекса в отложениях триаса основную роль играет восполнение (около 80—85%); для водо-

Таблица 4

Ресурсы подземных вод Восточно-Русского артезианского бассейна

Водоносный горизонт, комплекс	Площадь оценки, эксплуатационных ресурсов, тыс. км²	Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²
		естественные	эксплуатационные		
			всего	восполняемые	
Водоносный комплекс четвертичных, четвертичных — неогеновых аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений	105	150	150—155	75	0,1—5; 1,5 (среднее)
Водоносный комплекс четвертичных — неогеновых — меловых отложений	46	14	70—75	3,5	1—2; 1,6 (среднее)
Водоносные комплексы палеогеновых — меловых и меловых отложений					
палеогеновых — меловых	63	55—60	30—35	15	0,5 (среднее)
меловых	61	25—30	25—30	10	0,4 (среднее)
	124	80—90	60	25	0,2—0,6; 0,5 (среднее)
Водоносные комплексы юрских и триасовых отложений					
юрских	35—40	80	25—30	15	0,7
триасовых	35—40	70—75	15—20	15	0,5
	75	150—155	45	30	0,2—0,8; 0,6 (среднее)
Водоносный комплекс пермских отложений	460—470	680—690	270—280	200	0,3—5; 0,6 (среднее)
Водоносный комплекс каменноугольных отложений	15	12	20—22	2,5	0,4—2,2; 1,4 (среднее)
Всего	~830	~1100	625	336	0,7—0,8

носного комплекса в пермских отложениях восполняемая часть эксплуатационных ресурсов достигает 70—80%.

При подсчете эксплуатационных ресурсов величина их восполняемой части принималась равной 20—50% от объема естественных ресурсов.

Значение модуля эксплуатационных ресурсов для площади бассейна изменяется от величины менее 0,1 до 3 л/с на 1 км², а в районе Березников и Соликамска в пределах развития карбонатных пород перми превышает 5 л/с на 1 км². Относительно высокие значения модулей эксплуатационных ресурсов характерны для водоносных комплексов аллювиальных отложений крупных рек (1—3 л/с на 1 км², в среднем около 1,5 л/с на 1 км²), четвертичных — неогеновых и четвертичных — неогеновых — меловых отложений южной части Сурско-Хоперского артезианского бассейна (1—2 л/с на 1 км²) и верхне- и среднекаменноугольных отложений части этого бассейна в пределах Мордовской АССР (до 2,5 л/с

на 1 км²). Для других водоносных комплексов величина модуля составляет 0,2—0,7 л/с на 1 км².

В настоящее время на территории артезианского бассейна отбирается около 26 м³/с подземных вод, что составляет примерно 4% общих эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод рассматриваемой территории. Наиболее интенсивно подземные воды эксплуатируются в пределах Куйбышевской, Волгоградской и Пермской областей, Башкирской, Татарской и Мордовской АССР. В Мордовской АССР практически все водоснабжение базируется на подземных водах. В других районах доля подземных вод в общем водопотреблении колеблется от 10% (Марийская АССР) до 70% (Оренбургская область). Потребность в воде мелких и средних городов обычно полностью удовлетворяется за счет подземных вод, крупных городов — лишь частично.

Расходы действующих водозаборов, эксплуатирующих воды четвертичных аллювиальных, каменноугольных и пермских карбонатных отложений, достигают 1,5 м³/с, в большинстве случаев они составляют первые сотни литров в секунду.

Перспективная потребность в хозяйственно-питьевой воде мелких городов, поселков и сельского населения, как правило, может быть удовлетворена за счет подземных вод полностью, потребности крупных городов в большинстве случаев лишь на 30—40%. В целом на территории Восточно-Русского артезианского бассейна разведаны и утверждены ГКЗ и ТКЗ эксплуатационные запасы пресных подземных вод в количестве 56 м³/с по сумме всех категорий, что составляет около 9% эксплуатационных ресурсов подземных вод всего бассейна. Ниже дано описание ресурсов подземных вод по основным водоносным комплексам.

Водоносный комплекс четвертичных и четвертичных—неогеновых аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений развит по долинам практически всех рек. В качестве источника централизованного водоснабжения воды аллювиальных отложений используются в основном в долинах крупных рек: Волги, Камы, Вишеры, Урала, Сакмары, Белой и др. Этот водоносный комплекс занимает 10—15% площади Восточно-Русского артезианского бассейна.

Водовмещающими породами являются песчано-гравийные отложения, пески с прослоями суглинков, супесей и глин. Водоносный комплекс, как правило, содержит грунтовые, реже слабонапорные воды.

Мощность водоносного комплекса 5—30 м, иногда увеличивается до 40 м и более, в долине Волги достигает 80—100 м. Водопроводимость колеблется в пределах 50—700 м²/сут, а в ряде случаев превышает 1000 м²/сут. Высокие значения водопроводимости отмечаются в породах аллювиального водоносного комплекса рек Белой, Урала, Сакмары и верховьев Камы и Вишеры. В долинах мелких рек фильтрационные свойства аллювия ухудшаются, водопроводимость снижается до 100—300 м²/сут. Ухудшение фильтрационных свойств аллювия отмечается также по мере удаления от предгорий Урала в западном направлении.

Водоносные горизонты, приуроченные к озерно-аллювиальным и флювиогляциальным отложениям в пределах Коми АССР, имеют мощность от нескольких метров до 30 м. Воды безнапорные с местным напором до 10 м. Водопроводимость водовмещающих песков невысокая — 50—150 м²/сут.

Величина естественных ресурсов для описываемого водоносного комплекса составляет около 150 м³/с при среднемноголетних значениях модуля подземного стока, равных 0,5—2,5 л/с на 1 км². Величины модулей подземного стока закономерно уменьшаются с северо-востока на юго-запад. Наибольшие модули характерны для Предуралья, Вятских увалов, Приволжской возвышенности. Равнина Общего Сырта и За-

волжья характеризуется низкими модулями подземного стока (0,2—0,5 л/с на 1 км²). Значительная часть естественных ресурсов (20—70%) идет на восполнение эксплуатационных ресурсов подземных вод.

Общая величина эксплуатационных ресурсов водоносного комплекса составляет ориентировочно 150—155 м³/с. Она слагается из сработки естественных запасов (около 80 м³/с — 52%) и естественных ресурсов (70—75 м³/с — примерно 48%). Привлекаемые ресурсы, которые могут сформироваться при сооружении инфильтрационных водозаборов, не учитывались.

Средний модуль эксплуатационных ресурсов 1,5 л/с на 1 км². Эта величина не дает, однако, представления о распределении эксплуатационных ресурсов по площади. Так, в долине р. Большой Урал величина модуля менее 0,1 л/с на 1 км², в долине р. Белой, в верховьях Камы и в восточной (долины рек Белой, Камы, Уфы), северной (южная часть других рек модуль составляет 1—2 л/с на 1 км².

Как источник хозяйственно-питьевого водоснабжения четвертичные и четвертичные — неогеновые аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения представляют наибольший интерес в южной части Восточно-Русского артезианского бассейна (долины рек Урала и Сакмары), в восточной (долины рек Белой, Камы, Уфы), северной (южная часть территории Коми АССР) и западной (долина Волги).

Эксплуатация вод аллювиальных отложений в ряде случаев осуществляется совместно с водами коренных, в частности пермских отложений (Татарская АССР). Общий учтенный суммарный отбор воды из аллювиальных четвертичных отложений в пределах Восточно-Русского артезианского бассейна для городов составляет около 12 м³/с, т. е. примерно 8% от эксплуатационных ресурсов водоносного комплекса. Наиболее интенсивно воды комплекса эксплуатируются в Куйбышевской Оренбургской и Ульяновской областях, а также в Башкирской и Татарской АССР. Воды четвертичных отложений практически не используются для централизованного водоснабжения в Пензенской, Кировской, Пермской областях, а также в Мордовской, Удмуртской и Чувашской АССР.

Дебиты одиночных скважин колеблются в пределах 0,2—50 л/с, производительность отдельных групповых водозаборов достигает 0,5—1 м³/с.

Крупные водозаборы производительностью 0,5—1 м³/с сооружены в долинах рек Урала, Сакмары, Волги, Белой и других для водоснабжения городов Уральска, Оренбурга, Бузулука, Уфы, Стерлитамака, Салавата, Тольятти, Ульяновска и др. Инфильтрационные водозаборы насчитывают по нескольку десятков скважин, работают в условиях установившегося режима фильтрации, при этом радиусы депрессионных воронок не превышают нескольких километров. Основную роль в формировании эксплуатационных запасов подземных вод играют привлекаемые запасы за счет инфильтрации речных вод. Естественные запасы и естественные ресурсы принимают незначительное участие в формировании эксплуатационных дебитов крупных водозаборов. Эксплуатационный дебит средних и мелких водозаборов может на 30—70% формироваться за счет естественных ресурсов — перехвата подземного потока.

Водоснабжение большей части городов, расположенных вблизи крупных рек, на перспективу может быть обеспечено за счет водоносного комплекса четвертичных и четвертичных — неогеновых аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений.

Возможности интенсивной эксплуатации вод озерно-аллювиальных четвертичных — неогеновых отложений в северной части Восточно-Русского артезианского бассейна (в пределах территории Коми АССР) ограничены в связи с невысокими фильтрационными свойствами водовме-

щающих пород. В этой части бассейна за счет описываемого водоносного комплекса могут снабжаться водой небольшие населенные пункты с потребностью 20—30 л/с. В настоящее время здесь используется менее 0,1% эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод.

Водоносный комплекс четвертичных—неогеновых—меловых отложений распространен в южной части Сурско-Хоперского артезианского бассейна. Площадь распространения этого водоносного комплекса составляет около 5% от площади Восточно-Русского артезианского бассейна.

Водовмещающими породами являются мелко- и среднезернистые пески нижнемелового, мергели и опоки верхнемелового, пески неогенового и четвертичного возраста. Четвертичные отложения местами залегают на неогеновых, а местами на меловых породах.

Воды напорные и безнапорные, мощность водовмещающих пород изменяется в пределах 50—150 м, допустимые понижения уровня воды при расчетах принимались равными в среднем 30 м. Величины водопроводимости пород составляют в основном 50—150 м²/сут.

Естественные ресурсы подземных вод на площади рассматриваемого водоносного комплекса определены в объеме около 14 м³/с при среднем модуле подземного стока 0,3 л/с на 1 км². При оценке эксплуатационных ресурсов принималось, что примерно 25% естественных ресурсов пойдет на восполнение подземных вод при эксплуатации.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод водоносного комплекса четвертичных—неогеновых—меловых отложений составляет приблизительно 70 м³/с. Основную роль в их формировании играют естественные запасы (95%) и весьма подчиненную (около 5%)—восполняемые ресурсы. Величина суммарного модуля эксплуатационных ресурсов колеблется в пределах 1—2 л/с на 1 км², в среднем равна 1,6 л/с на 1 км². Модули при сработке естественных запасов и восполнении составляют соответственно около 1,4 л/с на 1 км² и менее 0,1 л/с на 1 км².

Дебиты одиночных скважин изменяются в пределах 0,1—10 л/с. Производительность отдельных групповых водозаборов не превышает нескольких десятков литров в секунду. Подземные воды рассматриваемого комплекса используются для водоснабжения мелких населенных пунктов. Крупных водопотребителей в данном районе в настоящее время нет. Возможно сооружение групповых водозаборов с производительностью до нескольких сотен литров в секунду.

Водоносные комплексы палеогеновых—меловых и меловых отложений распространены в западной части Восточно-Русского артезианского бассейна, в пределах Пензенской, Ульяновской, Саратовской, Волгоградской областей и Татарской АССР и занимают около 15% площади Восточно-Русского артезианского бассейна.

Водовмещающими породами являются пески, песчаники, мергели и опоки. Водоносные комплексы содержат напорные и безнапорные воды. Мощность водовмещающих пород изменяется от 10 до 35 м. Величины водопроводимости горизонтов находятся в пределах 50—200 м²/сут, преимущественно 100—150 м²/сут.

Суммарные естественные ресурсы подземных вод на площади распространения палеогенового—мелового и мелового водоносных комплексов оцениваются величиной около 80—85 м³/с (55—60 м³/с для первого, 25—30 м³/с для второго). Модули естественных ресурсов равны соответственно 0,9 и 0,45 л/с на 1 км². Из общего количества естественных ресурсов 25—30% учитывалось при оценке восполняемой части эксплуатационных ресурсов подземных вод.

Суммарная величина эксплуатационных ресурсов обоих водоносных комплексов составляет примерно 60 м³/с, из них около 35 м³/с приходится

на долю естественных запасов и 25 м³/с на долю восполняемых. Модули эксплуатационных ресурсов колеблются в пределах 0,2—0,6 л/с на 1 км², в среднем составляют около 0,5 л/с на 1 км².

Дебиты одиночных скважин изменяются от 2 до 20 л/с. Производительность отдельных групповых водозаборов достигает 0,4 м³/с, обычно составляет 50—100 л/с. За счет вод рассматриваемых комплексов обеспечивается водоснабжение небольших населенных пунктов и сельского населения. Общая величина отбора воды для централизованного водоснабжения несколько превышает 1 м³/с, т. е. отбирается менее 2% эксплуатационных ресурсов.

За счет подземных вод палеогенового — мелового и мелового водоносных комплексов может быть удовлетворена перспективная потребность в воде мелких и средних населенных пунктов, не превышающая 200—300 л/с.

Водоносные комплексы юрских и триасовых отложений распространены в основном в северной части Восточно-Русского артезианского бассейна, занимая около 10% его территории. Они развиты также на западе Оренбургской и на юге Куйбышевской областей, однако здесь их гидрогеологическое значение в масштабах бассейна весьма небольшое в связи с малой водообильностью водоносных горизонтов и часто повышенной минерализацией воды.

В Волгоградской и Саратовской областях также встречаются площади, где распространены юрские и триасовые водоносные отложения, часто перекрытые отложениями палеогена и мела, с которыми они рассматриваются совместно.

Водовмещающими породами являются пески, песчаники и конгломераты, залегающие среди глин, алевритов и алевролитов. Общие мощности водоносных комплексов юры и триаса изменяются в пределах соответственно 10—100 и 10—60 м. Воды порово-пластового и трещинно-пластового типа с напорами от нескольких метров до 50 м. Величины водопроводимостей пород отдельных водоносных горизонтов составляют 30—200 м²/сут, преимущественно до 100 м²/сут.

В пределах мощности зоны интенсивного водообмена (до глубин 150—200 м) воды комплексов пресные, с минерализацией 0,2—0,6 г/л, реже до 0,8 г/л.

Естественные ресурсы подземных вод на площади распространения юрского и триасового водоносных комплексов оцениваются величиной около 150—155 м³/с при среднемноголетних модулях подземного стока 1,7—3 л/с на 1 км². Примерно 15—20% естественных ресурсов подземных вод учитывалось как восполняемая часть эксплуатационных ресурсов. В южной части Восточно-Русского артезианского бассейна модули естественных ресурсов около 0,1 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в описываемых водоносных комплексах составляют около 45 м³/с. При этом роль сработываемых и восполняемых эксплуатационных ресурсов для юрского комплекса примерно одинакова, а для триасового основную роль играют восполняемые ресурсы (более 80%). По обоим водоносным комплексам в среднем за счет сработки естественных запасов формируется около 15 м³/с (35%) и за счет восполнения — около 30 м³/с (65%) общих эксплуатационных ресурсов подземных вод.

Модули эксплуатационных ресурсов колеблются в пределах 0,2—0,8 л/с на 1 км², при этом для юрского водоносного комплекса они составляют ориентировочно 0,7 л/с на 1 км², а для триасового — около 0,5 л/с на 1 км² или несколько менее. Модули от сработки естественных запасов и восполнения составляют для юрского комплекса соответственно 0,3 и 0,4 л/с на 1 км², а для триасового — менее 0,1 и 0,4 л/с на 1 км².

Дебиты отдельных скважин 0,3—3 л/с, иногда более. Производительность водозаборов может достигать 50—100 л/с. За счет подземных вод рассматриваемых водоносных комплексов можно организовать водоснабжение лишь небольших населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов. В настоящее время воды юрского и триасового водоносных комплексов для централизованного водоснабжения не используются. Существующий отбор не превышает долей процента от эксплуатационных ресурсов подземных вод.

Водоносный комплекс пермских отложений распространен в пределах Предуралья, Волго-Камского артезианского бассейна, Общего Сырта, в южной части Мезенско-Вычегодского артезианского бассейна третьего порядка и занимает примерно половину площади Восточно-Русского артезианского бассейна.

В разрезе пермских отложений выделяется ряд водоносных горизонтов, приуроченных к терригенным и карбонатным породам артинского, кунгурского, уфимского, казанского и татарского ярусов. Водоносные горизонты не имеют регионально выдержанных водоупоров и поэтому толща пермских отложений рассматривается как единый водоносный комплекс.

Водовмещающими породами являются терригенные отложения (песчаники, пески, аргиллиты, алевролиты), а также карбонатные породы (доломиты и известняки).

Водоносный комплекс в западной части площади его распространения перекрывается водоупорными мезозойскими отложениями, в результате чего воды приобретают напор от 5 до 40 м. На востоке, в Предуральском прогибе, водовмещающие отложения залегают близко к поверхности и содержат грунтовые воды.

Подземные воды пермских отложений на большей части территории пресные, за исключением ограниченных по площади участков, где минерализация воды возрастает до 3 г/л. Мощность водоносного комплекса в значительной степени обусловлена глубиной залегания минерализованных вод и для большей части территории составляет 30—80 м, отклоняясь в отдельных случаях в ту или другую сторону.

Наибольшей обводненностью характеризуются отложения нижней перми (артинский, кунгурский ярусы) и низов верхней перми (уфимский ярус). Водопроводимость пород колеблется в широких пределах — от 10 до 2000 м²/сут и более в зависимости от литологического состава водовмещающих отложений, геоморфологического положения и тектонической нарушенности территории. Наиболее высокой водопроводимостью характеризуются карбонатные отложения в пределах Уфимского плато и в районе Соликамска и Березников. Относительно высокая водопроводимость пермских пород также отмечается в долинах рек. Наиболее характерные значения водопроводимости пермских пород лежат в пределах 100—300 м²/сут.

Естественные ресурсы подземных вод для площади распространения пермского водоносного комплекса оцениваются величиной около 650—700 м³/с при модулях подземного стока 0,5—2,5 л/с на 1 км² (в среднем около 1,5 л/с на 1 км²). Доля естественных ресурсов, участвующих в формировании эксплуатационных ресурсов, составляет в среднем около 30%, повышается в пределах площадей развития карбонатных пород в Предуралье и Башкирии и уменьшается до 10—20% в западной части Восточно-Русского артезианского бассейна.

Величина модуля эксплуатационных ресурсов колеблется в пределах 0,3—3 л/с на 1 км², достигая 5 л/с на 1 км² и более в районе Соликамска и Березников. Среднее значение модуля для площади развития пермских отложений составляет около 0,6 л/с на 1 км². В целом величина

модуля эксплуатационных ресурсов уменьшается с востока на запад до 0,1—0,5 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы пермского водоносного комплекса (270—280 м³/с) формируются за счет сработки естественных запасов (около 75 м³/с — 27%) и восполнения (примерно 200 м³/с — 73%). Величины частных модулей эксплуатационных ресурсов от сработки естественных запасов и восполнения составляют соответственно 0,03—0,7 и 0,2—2,5 л/с на 1 км², в среднем они несколько менее 0,2 и несколько более 0,4 л/с на 1 км².

Несмотря на крупные эксплуатационные ресурсы водоносного комплекса пермских отложений использование этих вод для водоснабжения весьма невелико. Так, на территории Восточно-Русского бассейна из отложений перми отбирается 5—7 м³/с воды, что составляет около 2% эксплуатационных ресурсов комплекса. Это обусловлено малыми величинами водопроводимости пород на большей части распространения водоносного комплекса. Поэтому в большинстве случаев воды этого комплекса используются для водоснабжения относительно небольших населенных пунктов как дополнительный источник водоснабжения крупных городов или совместно с водоносным комплексом аллювиальных отложений в долинах рек. Обычно производительность водозаборов составляет от 20 до 200 л/с. Дебиты отдельных скважин колеблются в пределах 0,1—100 л/с.

Наиболее крупные водозаборы с производительностью 0,6—1,1 м³/с сооружены в районе городов Березники и Соликамск, где распространены трещиноватые карбонатные породы с высокими величинами водопроводимости. Крупные водозаборы с производительностью около 500 л/с действуют в Куйбышевской области. За счет вод пермского комплекса обеспечивается водоснабжение г. Новокуйбышевска, а за счет вод перми и аллювия — водоснабжение г. Чапаевска. По результатам выполненных разведочных работ для каждого из этих городов утверждены запасы подземных вод в количествах более 1 м³/с по сумме всех категорий.

В Татарской АССР воды рассматриваемого комплекса эксплуатируются совместно с водами аллювиальных отложений. Общая величина водоотбора превышает 3 м³/с. В Башкирской, Марийской и Коми АССР, а также в Оренбургской области использование подземных вод пермского комплекса незначительное. Общий отбор для городов каждой из указанных административных единиц не превышает 0,2—0,3 м³/с.

Водоносный комплекс каменноугольных отложений в пределах Восточно-Русского артезианского бассейна занимает северо-западную часть Мордовской АССР и небольшую часть юга Горьковской области. Площадь распространения незначительная — около 2% территории всего бассейна.

Водовмещающие породы представлены чистыми и доломитизированными известняками средне- и верхнекаменноугольного возраста. Водоносный комплекс залегает на глубине 10—100 м. Воды, как правило, обладают напором до 80—100 м. Водопроводимость пород высокая (500—3000 м²/сут), в среднем для комплекса около 1000 м²/сут. Воды преимущественно пресные, с минерализацией 0,3—0,8 г/л.

Естественные ресурсы для площади распространения комплекса составляют 10—12 м³/с при модуле около 0,8 л/с на 1 км². Примерно 20% естественных ресурсов могут составлять восполняемую часть эксплуатационных ресурсов подземных вод данного водоносного комплекса.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод каменноугольных отложений оцениваются величиной около 20 м³/с; они слагаются из естественных запасов (около 18 м³/с — 90%) и восполняемых ресурсов

(2 м³/с — 10%). Модуль эксплуатационных ресурсов изменяется от 0,4 до 2,2 л/с на 1 км², составляя в среднем около 2 л/с на 1 км². Площадь распространения комплекса четко делится на две области: с модулями более 2 л/с на 1 км² и менее 0,5 л/с на 1 км², что связано с погружением каменноугольных отложений к югу и юго-западу и соответственным уменьшением мощности зоны пресных вод. Частные модули от сработки естественных запасов и восполнения составляют соответственно около 1,8 и 0,2 л/с на 1 км².

Производительность групповых водозаборов может достигать 0,5—1,5 м³/с. На площади распространения данный водоносный комплекс является основным источником крупного водоснабжения. Утвержденные в ГКЗ эксплуатационные запасы подземных вод составляют около 3 м³/с.

Один из действующих централизованных водозаборов состоит из 90—100 эксплуатационных скважин и отбирает более 1 м³/с воды. Режим работы водозабора неустановившийся. Ежегодное снижение уровня достигает 1—3 м. В формировании эксплуатационного дебита водозабора участвуют упругие запасы (5—10%) и переток из вышележащей толщи водонасыщенных слабоводопроницаемых мезозойских отложений (90—95%).

Общий суммарный отбор подземных вод из водоносного комплекса каменноугольных отложений на территории Мордовской АССР составляет около 2,3 м³/с.

Перспективная потребность в воде населенных пунктов, расположенных в области развития водоносного комплекса каменноугольных отложений, может быть удовлетворена за счет подземных вод этого комплекса.

* * *

Как отмечено выше, незначительная доля эксплуатационных ресурсов подземных вод Восточно-Русского бассейна приурочена к водоносным горизонтам и комплексам спорадического распространения.

Водоносный комплекс верхненеогеновых отложений распространен в районах Поволжья, Прикаспия и в долинах Сакмары и Урала. Площадь его развития около 27 тыс. км². Водовмещающие породы (галечники, пески, глины, алевриты) имеют мощность до 50 м. Естественные ресурсы вод этого горизонта составляют около 6 м³/с, эксплуатационные ресурсы — 8 м³/с, из них около половины обеспечивается восполнением. Модуль эксплуатационных ресурсов около 0,3 л/с на 1 км².

Водоносный комплекс меловых — юрских отложений распространен в пределах Коми АССР на площади около 8 тыс. км². Водовмещающие породы — прослои песков и глинистых сланцев в песчано-глинистой толще, достигающей мощности 60—70 м. Естественные ресурсы подземных вод этого комплекса составляют около 20 м³/с, эксплуатационные — 2 м³/с, из них около 0,4 м³/с представляют собой восполняемые запасы. Модуль эксплуатационных ресурсов около 0,3 л/с на 1 км².

Водоносные комплексы палеогеновых — меловых, юрских и триасовых отложений распространены спорадически в южной части Восточно-Русского бассейна на площади приблизительно 12 тыс. км². Мощность водоносных комплексов достигает 20 м. Естественные ресурсы подземных вод около 1,2 м³/с, эксплуатационные — 2,3 м³/с, из них 0,8 м³/с восполняемых.

Каспийский артезианский бассейн

Территория Каспийского артезианского бассейна обеспечена ресурсами пресных и слабосолоноватых подземных вод неравномерно. В наиболее благоприятных условиях находится восточная часть бассейна — Актюбинское Приуралье, Примугоджарье, Урало-Эмбенское плато, долины Илека, Урала, Сагиза, верхнее и среднее течение Эмбы и Уила, западная окраина бассейна (Ергенинская возвышенность), а также долина Волги. На остальной территории (Прикаспийская низменность) пресные и слабосолоноватые подземные воды развиты спорадически и в небольшом количестве.

Водоносные комплексы аллювиальных четвертичных отложений долин рек и водоносные комплексы песчаных и карбонатных отложений неогена и мела являются основными по величине эксплуатационных ресурсов и важности с точки зрения организации водоснабжения. Меньшее значение имеют водоносные комплексы четвертичных эоловых, палеогеновых, юрских и триасовых отложений.

Естественные ресурсы подземных вод в Каспийском артезианском бассейне формируются в основном в его периферической части (Актюбинское Приуралье, Примугоджарье, Ергени), где на земную поверхность выходят хорошо проницаемые породы. На участках, где земная поверхность сложена слабопроницаемыми грунтами, даже в краевых частях бассейна (Сырты), естественные ресурсы небольшие. Распределение естественных ресурсов по водоносным горизонтам приведено в таблице 5.

Естественные ресурсы в долинах Урала, Илека, Эмбы, на Волго-Ахтубинской пойме и в других районах образуются главным образом за счет поглощения паводкового стока и в меньшей мере за счет инфильтрации атмосферных осадков. В эоловых отложениях ресурсы пресных вод формируются путем поглощения атмосферных осадков. На больших площадях центральной части бассейна (Волгоградское Заволжье, Астраханская обл., Калмыцкая АССР) незначительные по величине естественные ресурсы грунтовых вод четвертичных отложений морского генезиса также образуются в результате инфильтрации атмосферных осадков холодного времени года.

Модуль подземного стока в аллювиальных отложениях речных долин изменяется от 0,3 до 6 л/с на 1 км². В обширных эоловых песчаных массивах и морских четвертичных осадках в зависимости от местных условий (дренирование, выход проницаемых отложений на земную поверхность и т. п.) инфильтрационное питание изменяется от величин, значительно меньших испарения грунтовых вод (участки развития солончаков), до 0,3 л/с на 1 км². В периферических частях бассейна модуль питания подземных вод неогеновых, меловых и в меньшей мере юрских, триасовых и верхнепермских отложений колеблется от 0,1 до 0,9 л/с на 1 км². Средний модуль, отнесенный к возвышенному обрамлению бассейна и периферической части (площадь равна примерно 300 тыс. км²), составляет почти 0,4 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы пресных и слабосолоноватых подземных вод бассейна оцениваются в 180 м³/с. Как видно из данных табл. 5, наиболее важные в народнохозяйственном отношении водоносные горизонты и комплексы, характеризующиеся максимальной величиной эксплуатационных ресурсов подземных вод, приурочены к сеноманальбским и четвертичным аллювиальным породам. В различных районах Каспийского артезианского бассейна наибольшее значение могут иметь другие комплексы и горизонты, например в Ергенях — водоносный горизонт плиоценовых ергенинских песков, в Общем и Зауральском Сыр-

Таблица 5

[illegible] вод Каспийского артезианского бассейна

[illegible]	Ресурсы возобновляемых вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ (ТКЗ) эксплуатационные запасы	
	естественные	эксплуатационные						
		всего	использованные		м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
[illegible]	25	52	30*	1,2 (среднее)	4	7	5,7	11
[illegible]	30	8	2	—	0,1	1	0,2	2
[illegible]	15	30	16**	0,3—1	2	7	1,3	4
[illegible]	14	5	5	0,2—1,7	0,5	10	0,2	4
[illegible]	15	80	14	0,3—1,1	1,3	2	4	5
[illegible]	8	5	2	0,1—0,3	0,4	9	—	—
Всего	109	180	69		8	4,5	11,4	6,5

* С учетом использованного речного стока.
** С учетом поступления из водоносных горизонтов палеогена и верхнего мела, с которыми [illegible] месторождения тесно связан.

Примечание. Площадь оценки ресурсов бассейна составляет 665 тыс. км².

тах — водоносные комплексы юрских и верхнепермских отложений. В наиболее погруженной центральной части бассейна (Прикаспийская низменность) благодаря высокой минерализации подземных вод напорных горизонтов основное значение имеют локально развитые подземные воды эоловых песков и морских песчано-глинистых отложений каспийских трансгрессий. Здесь развиты линзы пресных вод, образующиеся среди солоноватых и соленых грунтовых вод при благоприятных условиях питания и водообмена.

Модуль эксплуатационных ресурсов подземных вод изменяется на территории бассейна в широких пределах (см. табл. 5). В четвертичных аллювиальных горизонтах речных долин значение модуля изменяется от 0,2 до 3,0 л/с на 1 км², на Волго-Ахтубинской пойме оно составляет около 1 л/с на 1 км², максимальные значения его наблюдаются в долине Илека, в среднем течении Урала, Сагиза, Эмбы, минимальные — в низовьях этих же рек, а также Узеней, Уила и др.

В водоносном горизонте эоловых отложений модуль эксплуатационных ресурсов составляет 0,2—0,8 л/с на 1 км², в морских четвертичных отложениях Прикаспийской низменности на наиболее благоприятных участках достигает 0,1 л/с на 1 км². В неогеновых отложениях модуль эксплуатационных ресурсов на большей части обрамления бассейна из-

меняется в пределах 0,1—0,5 л/с на 1 км², в местах усиленного питания атмосферными осадками и паводковыми водами рек он достигает 1 л/с на 1 км². В общей величине эксплуатационных ресурсов подземных вод бассейна пресные воды с минерализацией до 1 г/л составляют около 20 м³/с, слабосолоноватые (1—3 г/л) — 90 м³/с, остальное количество относится к солоноватым водам с минерализацией более 3 г/л.

Пресные воды формируются в областях питания: периферической части бассейна, в верховьях и средних частях долин рек, а также в эоловых песках. Слабосолоноватые воды образуются ближе к центру бассейна (Урало-Эмбенское плато), в малых артезианских бассейнах (Примугоджарский, Донгустауский), в отложениях четвертичных морских трансгрессий.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод артезианского бассейна образуются за счет подземного стока, поглощения речного стока чаще всего в паводковый период, сработки упругих и гравитационных запасов водоносных горизонтов и комплексов, а также возможного перетекания вод из неэксплуатируемых горизонтов вследствие изменения соотношения напоров. Исходя из общих соображений, а также опыта эксплуатации подземных вод (крупные водозаборы подземных вод с производительностью 0,5—1 м³/с и более на рассматриваемой территории отсутствуют, за исключением г. Актюбинска) можно предполагать, что по всему обрамлению бассейна, там, где подземные воды являются безнапорными, основными источниками формирования эксплуатационных ресурсов являются естественные ресурсы (инфильтрация атмосферных осадков) и емкостные запасы. Эти же источники определяют небольшие эксплуатационные ресурсы эоловых песков, чрезвычайно важные для водоснабжения сельскохозяйственных потребителей. В водоносных горизонтах четвертичных аллювиальных, а также неогеновых и меловых пород, находящихся в зоне дренирования речными долинами, важнейшим фактором формирования эксплуатационных ресурсов является поглощение паводкового стока рек. Там, где водообильные водоносные горизонты и комплексы залегают на значительной глубине, напор подземных вод в них достигает десятков и сотен метров (Примугоджарский и Донгустауский малые артезианские бассейны, Урало-Эмбенское плато), а гидрогеологический разрез характеризуется этажным расположением водоносных комплексов; эксплуатационные ресурсы здесь практически полностью формируются за счет сработки упругих запасов и перетекания. Можно предполагать, что при развитии водоотбора подземных вод и связанного с этим перераспределения напоров и перетекания может интенсифицироваться поглощение атмосферных осадков и паводкового стока рек. Таким путем эксплуатационные ресурсы рассматриваемой территории могут быть несколько увеличены.

Используются подземные воды для народного хозяйства в Каспийском артезианском бассейне до сих пор слабо (см. табл. 5). В пределах части бассейна, которая входит в РСФСР, расходуется около 3 м³/с подземных вод, что составляет 4,5—5% от эксплуатационных ресурсов. Меньше всего они используются в Астраханской области (около 1%), наиболее интенсивно — в Калмыцкой АССР (20—25%). Наиболее широко эксплуатируются водоносные комплексы четвертичных аллювиальных отложений долин рек, неогеновых (в основном в Ергенях), сеноманальбских, верхнемеловых пород. Эти данные показывают, что возможности увеличения использования подземных вод в Каспийском артезианском бассейне, за исключением его центральной части, совпадающей с Прикаспийской низменностью, а также районов Сыртов, весьма большие.

Основными типами месторождений подземных вод, эксплуатируемых в пределах бассейна, являются месторождения речных долин Илека, Урала, Волги, Сала и др., а также месторождения артезианских бассейнов платформенного типа и их склонов (Примугоджарский, Донгустауский, Общий и Зауральский Сырты, Ергенинский, Приволжская моноклиналь). Резко подчиненное по величине отбора, но очень важное значение в народнохозяйственном отношении имеют подземные воды эоловых песков и линз пресных вод, плавающих среди соленых в морских четвертичных отложениях центральной части бассейна, где они являются единственным источником водоснабжения. Как указывалось выше, на месторождениях речных долин формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод происходит главным образом за счет паводкового стока рек и в меньшей мере атмосферных осадков, а также разгрузки в долину водоносных горизонтов и комплексов дочетвертичных пород; в артезианских бассейнах ресурсы образуются за счет перетекания и сработки упругих запасов, возможно, усиления поглощения атмосферных осадков; в эоловых песках и морских четвертичных отложениях Прикаспийской низменности исключительно в результате поглощения атмосферных осадков и талых вод. Максимальными утвержденными ГКЗ запасами характеризуется территория Актюбинской области (около 9,5 м³/с), в Гурьевской области запасы составляют 0,5 м³/с, в Калмыцкой АССР — 0,4 м³/с, Уральской области — 0,3 м³/с, Астраханской области — 0,15 м³/с. В Волгоградской области в пределах Каспийского артезианского бассейна утвержденные ГКЗ и ТКЗ запасы подземных вод отсутствуют.

Перспективные потребности в хозяйственно-питьевой воде за счет подземных вод могут быть удовлетворены полностью только в восточной части бассейна — в Приуралье, Примугоджарье, долинах Волги, Урала, среднего течения Эмбы, Сагиза, Уила, восточной части Урало-Эмбенского плато, Ергенях, т. е. в Актюбинской и северо-восточной части Гурьевской областей, Ростовской области (восточная часть, входящая в Каспийский артезианский бассейн), западной части Калмыцкой АССР, правобережной части Волгоградской области, входящей в Каспийский бассейн, бассейне р. Иловля. На остальной территории бассейна перспективная потребность в воде может быть удовлетворена подземными водами лишь частично, поэтому здесь необходимо использование местных поверхностных вод или вод, подводимых из удаленных внешних источников.

Дефицит пресных подземных вод в Прикаспийской низменности может быть частично ликвидирован при широком внедрении опреснения солоноватых и слабосоленых вод, ресурсы которых, так же как и рассолов, исключительно велики в пределах бассейна. В Прикаспийской низменности в морских четвертичных, а также в неогеновых, верхнемеловых, сеноман-альбских, юрских и триасовых водоносных отложениях минерализация вод достигает десятков и сотен граммов на литр. Эти водоносные горизонты могут обеспечить дебиты одиночных скважин от 1—2 л/с до нескольких десятков литров в секунду, а производительность групповых водозаборов до 100 л/с и более. Суммарные эксплуатационные ресурсы солоноватых и слабосоленых подземных вод составляют 100—150 м³/с (Никитин, Цыганова, 1972).

Ниже дается краткая характеристика основных водоносных горизонтов Каспийского бассейна.

Водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений развит в Волго-Ахтубинской пойме, в долинах рек Урала, Илека, Сала, Бол. и Мал. Узеней, Хобты, а также в долинах рек Уила,

Сагиза, Эмбы и др., стекающих к Каспийскому морю и в бессточные впадины с Уралтау-Мугоджарских гор.

В Волго-Ахтубинской пойме водоносными являются пески и супеси современного и верхнечетвертичного аллювия, подстилаемые морскими хвалынскими и хазарскими отложениями и образующие с ними единый водоносный комплекс. Водопроводимость их колеблется от нескольких десятков литров в сутки до 600 м²/сут, минерализация воды составляет 0,3—1 г/л. В долине Сала водопроводимость достигает 600 м²/сут, а минерализация колеблется от 0,3 до 3 г/л. В долине Урала и рек, стекающих с Уралтау-Мугоджарских гор, водопроводимость изменяется от 50 до 1500 м²/сут минерализация воды до 1 г/л, в низовьях рек достигает 5 г/л.

Водоносный горизонт четвертичных аллювиальных отложений речных долин является одним из главных источников водоснабжения. Подземными водами аллювия удовлетворяются потребности городов Актюбинска, Уральска и других более мелких. Производительность водозаборов в аллювии составляет 50—200 л/с, хотя в наиболее благоприятных условиях долин Илека и Урала может достигать 1000 л/с и более.

Некоторое значение в удовлетворении потребностей в воде, резко повышающееся в Прикаспийской низменности, имеет водоносный горизонт четвертичных эоловых и морских песчано-глинистых отложений. Водоотдача эоловых песков колеблется в пределах 0,08—0,15, водопроводимость их равна, как и морских отложений, 5—50 м²/сут, минерализация воды пестрая — от 0,3 до 10 г/л. Эти горизонты имеют важное значение для водообеспечения сельскохозяйственных объектов и водопоя скота. Производительность скважин и колодцев здесь до 1 л/с, редко больше.

В Южно-Сыртовском, Северо-Каспийском районах и особенно в Ергенинском распространен водоносный комплекс плиоценовых отложений, воды которого, как правило, напорные. Водопроводимость пород изменяется от 10 до 800 м²/сут, минерализация воды по периферии Каспийского бассейна составляет 0,5—5 г/л, в центральной части увеличивается до 80 г/л. Производительность водозаборов в водоносном комплексе плиоценовых отложений до 100—200 л/с, редко более.

Одним из наиболее важных для народного хозяйства является верхнемеловой водоносный комплекс. Он распространен на всей территории бассейна, а на восточной окраине его является одним из наиболее важных. Горизонт выдержан по площади и залегает на глубинах от 10—60 м на периферии до 1500 м в центре бассейна. Водопроводимость пород изменяется в пределах 40—200 м²/сут, минерализация воды обычно 0,5—3 г/л, в центральной части бассейна достигает 150 г/л. Поскольку в водозаборных скважинах можно иметь большие понижения, до 100—200 м, производительность водозаборов, эксплуатирующих воды верхнемеловых отложений, может достигать 200—500 л/с.

Еще более велико для народного хозяйства значение водоносного комплекса сеноман-альбских отложений, распространенного, так же как и верхнемеловой, на всей рассматриваемой территории, а в восточной части бассейна являющегося основным. Залегает горизонт на глубине 50—400 м, напор вод изменяется от нескольких десятков метров до 400 м, водопроводимость пород — от 100 до 1300 м²/сут. Возможная производительность водозаборов, эксплуатирующих подземные воды горизонта, от 100 до 1000 л/с, редко больше. Минерализация воды изменяется от 0,2—0,7 г/л на участках, примыкающих к Уралтау-Мугоджарским горам, до 2—4 г/л в Донгустауском и Примугоджарском районах.

Водоносные комплексы юрских, триасовых и верхнепермских отложений, имеют существенное значение в восточном и северном (южные склоны Общего и Зауральского Сыртов) обрамлениях бассейна. Воды обычно напорные, высота напора 50—250 м и более, водопроводимость пород от 20 до 200 м²/сут, минерализация вод в периферической части бассейна изменяется от 0,5 до 2 г/л.

Днепровско-Донецкий артезианский бассейн

В Днепровско-Донецком бассейне до глубины 500—700 м содержатся значительные ресурсы пресных подземных вод, приуроченных к основным водоносным горизонтам кайнозойских и мезозойских отложений. Подземные воды повышенной минерализации (от 1 до 5 г/л) в верхних водоносных горизонтах отмечаются в центральной части бассейна, на участках развития соляных куполов и на юго-восточной окраине бассейна.

Естественные ресурсы Днепровско-Донецкого бассейна оцениваются примерно в 540 м³/с, при среднем значении модуля подземного стока около 1 л/с на 1 км². Для бассейна характерно постепенное уменьшение модуля с северо-запада на юго-восток от 2—4 до 0,1 л/с на 1 км², связанное с увеличением засушливости климата в этом направлении. Значения минимальных модулей подземного стока изменяются от 0,05 до 2,5 л/с на 1 км². Эксплуатационные ресурсы подземных вод бассейна определены примерно в 530 м³/с. Они сосредоточены в основных водоносных горизонтах отложений четвертичного, неогенового, палеогенового, мелового и юрского возраста. Наиболее широко распространены горизонты четвертичных, палеогеновых и меловых пород, которые содержат около 99% эксплуатационных ресурсов подземных вод бассейна.

Дать количественную характеристику эксплуатационных ресурсов подземных вод отдельных водоносных горизонтов представляется затруднительным, так как на значительной площади бассейна водоносные горизонты гидравлически взаимосвязаны и эксплуатационные ресурсы оцениваются суммарно для всей водоносной толщи. Однако по условиям формирования эксплуатационных ресурсов территорию Днепровско-Донецкого бассейна можно разделить на четыре района: северо-западный, центральный, северо-восточный и юго-восточный (табл. 6).

В северо-западном районе, примерно до р. Сулы, основные водоносные горизонты приурочены к четвертичным, неогеновым, палеогеновым и меловым отложениям, которые образуют единую водоносную толщу. Эта часть территории Днепровско-Донецкого бассейна наиболее обводнена. Модули эксплуатационных ресурсов, образующихся за счет сработки напора и осушения песчаных пластов, которые содержат грунтовые или слабонапорные воды, достигают 1—2 л/с на 1 км². Восполняемая часть эксплуатационных ресурсов составляет всего около 30% от суммарных, при этом модуль восполняемых ресурсов отдельных водоносных горизонтов изменяется от 0,3 до 1 л/с на 1 км². Модули эксплуатационных ресурсов всей водоносной толщи изменяются от 2 до 5 л/с на 1 км², увеличиваясь в долинах Днепра и Десны до 5—10 л/с на 1 км². В северо-западном районе сосредоточено около 50% всех эксплуатационных ресурсов бассейна. Здесь возможно проектирование групповых водозаборов производительностью до 0,5 м³/с, а в долинах Днепра и Десны — до 1 м³/с.

В центральной части бассейна распространен преимущественно напорный горизонт бучакско-каневских отложений, ресурсы которого в долинах рек оцениваются совместно с аллювиальным горизонтом. На

Таблица 6

Распределение ресурсов подземных вод по районам Днепровско-Донецкого артезианского бассейна

Район, водоносный горизонт, комплекс	Эксплуатационные ресурсы подземных вод, м³/с		Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²
	всего	восполняемые	
Северо-западный район, водоносный горизонт четвертичных, неогеновых, палеогеновых + меловых отложений	220	70	2—10
Центральный район, водоносный горизонт четвертичных + палеогеновых отложений	100	20	0,1—5
Северо-восточный район, водоносный горизонт верхнемеловых пород	160	90	0,2—5
Юго-восточный район, водоносный комплекс четвертичных + неогеновых + палеогеновых отложений	50	20	0,1—0,5
Всего	530	200	

большей части описываемой площади модуль эксплуатационных ресурсов небольшой и составляет 0,1—0,5 л/с на 1 км²; в долинах рек значение модуля повышается до 2 л/с на 1 км², а местами до 5 л/с на 1 км². В естественных условиях питание водоносных горизонтов незначительно, модуль восполняемых ресурсов равен примерно 0,1 л/с на 1 км², а восполняемые ресурсы не превышают 15—20% от эксплуатационных ресурсов.

Центральный район значительно меньше обеспечен ресурсами подземных вод, чем северо-западный. На большей его площади могут быть сооружены водозаборы с производительностью в несколько десятков литров в секунду и только на наиболее перспективных участках, приуроченных к долинам рек, расходы водозаборов могут достигать нескольких сотен литров в секунду.

На северо-востоке бассейна основной водоносный горизонт заключен в мергельно-меловой толще верхнемелового возраста, к которой приурочено 25—30% эксплуатационных ресурсов бассейна. Модуль эксплуатационных ресурсов этого горизонта резко изменяется по площади: на водоразделах он составляет всего 0,2—0,5 л/с на 1 км², а в долинах рек возрастает до 5 л/с на 1 км², средневзвешенное значение модуля равно 1—2 л/с на 1 км². Модуль срабатываемых естественных запасов трещиноватой толщи небольшой — не превышает 0,2 л/с на 1 км², примерно такая же величина модуля восполнения на водоразделах. В придолинных участках, где эксплуатационные ресурсы определялись с учетом поверхностных вод, привлекаемых в процессе эксплуатации (на основе опыта работы действующих водозаборов), модули восполнения достигают 4 л/с на 1 км².

Возможные дебиты водозаборов в соответствии с модулями составляют от 1—10 л/с на водоразделах до нескольких сотен литров в секунду, а местами до 1 м³/с в долинах рек.

Крайняя юго-восточная часть Днепровско-Донецкого бассейна относится к районам, наименее обеспеченным подземными водами. Здесь распространены в основном водоносные мелкозернистые пески четвертичного, неогенового и палеогенового возраста. Модуль эксплуатационных ресурсов равен 0,1—0,5 л/с на 1 км²; восполняемая часть составляет всего 10—20% от общих эксплуатационных ресурсов, что объяс-

ются неблагоприятными условиями питания и относительно высокой водоотдачей слабонапорных и безнапорных водоносных горизонтов. Возможные дебиты групповых водозаборов измеряются несколькими десятками литров в секунду.

В целом по Днепровско-Донецкому бассейну величина восполняемых ресурсов колеблется от 10 до 50% в зависимости от гидрогеологических и климатических факторов, в среднем она составляет 40% от эксплуатационных ресурсов и 40% от естественных ресурсов зоны активного водообмена.

Рассмотрев условия формирования эксплуатационных ресурсов в Днепровско-Донецком бассейне, можно предположить, что значительные резервы для их увеличения имеются в северо-западном и центральном районах за счет перетекания из вышележащих горизонтов в процессе эксплуатации водозаборов.

Подземные воды Днепровско-Донецкого бассейна широко используются для водоснабжения, здесь отбирается около 60 м³/с, что составляет более 10% от эксплуатационных ресурсов бассейна. Большая часть городов и поселков, расположенных на площади бассейна (даже таких крупных городов, как Киев, Харьков и др.), обеспечивается полностью или частично подземными водами, при этом большая часть воды (60—70%) расходуется на хозяйственно-питьевые нужды и меньшая (около 30%) — на промышленные цели. Расходы крупных водозаборов достигают 2—3 м³/с, преимущественно составляя 0,5—1,0 м³/с.

Наиболее интенсивно эксплуатируются подземные воды мергельно-меловой толщи, суммарный водоотбор из нее достигает примерно 50% от общего расхода подземных вод в бассейне. Около половины подземных вод этого горизонта отбирается Северско-Донецкими водозаборами, из которых вода подается в города и поселки Донбасса.

Большая часть эксплуатирующихся месторождений подземных вод относится к артезианским бассейнам платформенного типа. Вскрываемые водоносные горизонты в палеогеновых, меловых и юрских отложениях залегают на различной глубине — от нескольких десятков метров до 600 м. Кроме того, крупные водозаборы расположены на месторождениях речных долин, где развиты мергельно-меловые породы.

В качестве примера эксплуатации горизонта в бучакско-каневских песках рассмотрим один из водозаборов, расположенных в северо-западном районе Днепровско-Донецкого бассейна. На этом водозаборе водоносный горизонт залегает на глубине от 60 до 120 м и перекрывается выдержанным по площади слоем киевских глин и мергелей мощностью 20—30 м. В результате длительной эксплуатации группового водозабора производительностью 0,5—1 м³/с образовалась воронка депрессии глубиной всего 15—20 м. Режим работы водозабора близок к установившемуся. Упругие запасы горизонта, сработанные в процессе эксплуатации, составляют примерно 1% от общего количества отобранной воды. Основное питание водоносный горизонт получает, очевидно, через киевские глины из вышележащего горизонта грунтовых вод в харьковских песках, имеющего тесную гидравлическую связь с подземными водами аллювиальных отложений, которые в свою очередь связаны с поверхностными водами. Действительно, расчетные понижения на водозаборе, определенные без учета перетекания, оказываются в 2—3 раза больше наблюдаемых.

На основании данных работы водозаборов можно предполагать, что в бучакско-каневском горизонте эксплуатационные запасы формируются в основном за счет перетекания вод через киевские глины из вышележащих водоносных горизонтов.

На ряде крупных водозаборов эксплуатируется горизонт сеноманальбских пород, перекрытый выдержанной по площади мергельно-меловой толщей мощностью от 100 до 400 м. Водоносный горизонт залегает на глубине от 100 до 700 м. При эксплуатации этого горизонта образуются воронки депрессии глубиной в несколько десятков метров и радиусом до 60 км и более. Водозаборы работают при неустановившемся режиме фильтрации. Расчетные понижения уровней воды на действующих водозаборах без учета перетекания хорошо согласуются с фактическим положением уровней воды в скважинах. Вероятно, в этих условиях основным источником формирования эксплуатационных ресурсов является сработка упругих запасов водоносного горизонта.

Однако в краевых частях бассейна или в районах с повышенной тектонической активностью мергельно-меловая толща, очевидно, обладает так называемой «трещинной» проницаемостью и при длительной эксплуатации водозаборов их расход полностью или в значительной мере формируется за счет подземных вод, поступающих из вышележащих горизонтов. Такие условия формирования эксплуатационных запасов наблюдаются на водозаборах, например в районе Киева. Здесь же отмечено влияние тектоники на проницаемость водоупорной глинисто-алевритовой 100-метровой толщи бат-келловейских отложений.

В долинах р. Северского Донца и его притоков расположены наиболее крупные водозаборы в мергельно-меловой толще. Здесь эксплуатируется несколько десятков водозаборов производительностью от 50 л/с до 1 м³/с. Большая часть водозаборов состоит из нескольких десятков скважин, расположенных вдоль русла реки на пойменной и первой надпойменной террасах. В результате работы этих водозаборов развиваются воронки депрессии, вытянутые по реке и имеющие поперечные размеры 2—4 км. Понижение в центре воронки обычно не превышает высоту напора, равную 10—15 м. Питание водозаборов происходит за счет поверхностных вод р. Северского Донца. В течение года наблюдается сработка естественных запасов подземных вод аллювиальных песков, которые восполняются в период паводков. Приток подземных вод к водозаборам на 1 км длины русла реки составляет 100—150 л/с.

Ресурсы подземных вод Днепровско-Донецкого бассейна характеризуются неравномерной изученностью. Всего по бассейну утверждено в ГКЗ и ТКЗ около 66 м³/с подземных вод или около 12% от выявленных эксплуатационных ресурсов. Из этого количества около 26 м³/с приходится на долину Северского Донца и почти 14 м³/с на краевую зону бассейна (область сочленения бассейна с Украинским щитом). Около 60% остальной части ресурсов подземных вод утверждено по мергельно-меловому горизонту, распространенному на значительной площади центральной части бассейна (территории Харьковской, Полтавской, Белгородской, Сумской и Черниговской областей). Наименее разведаны ресурсы водоносных горизонтов отложений четвертичного и палеогенового возраста, эксплуатационные запасы которых утверждены в количестве 6,5 м³/с.

Большая часть эксплуатационных запасов утверждена на участках действующих водозаборов или разведанных площадках, где проектируется отбор воды для снабжения крупных городов Днепровско-Донецкого бассейна, а также промышленных районов Донбасса.

Перспективы обеспечения нужд городского и сельского населения Днепровско-Донецкого артезианского бассейна подземными водами весьма благоприятны. Несмотря на значительный рост потребности, практически все города и поселки могут быть обеспечены подземными водами для хозяйственно-питьевых целей. В то же время уже сейчас

при эксплуатации основного источника водоснабжения Донбасса — мергельно-мелового водоносного горизонта — возникают две проблемы: загрязнение подземных вод сбрасываемыми в реки неочищенными шахтными и промышленными водами и ухудшение условий питания, связанное с зарегулированием поверхностного стока Северского Донца и его притоков. Последнее приводит к уменьшению высоты паводков, прекращению заливов пойменных террас. В связи с этим на ряде действующих водозаборов целесообразно проводить искусственное восполнение запасов подземных вод.

Причерноморский артезианский бассейн

Причерноморский артезианский бассейн является одним из наименее обеспеченных пресными подземными водами в пределах Восточно-Европейской гидрогеологической области. На большей части бассейна в зоне интенсивного водообмена развиты слабосолоноватые воды с минерализацией 1—3 г/л. Пресные подземные воды приурочены к участкам наиболее активного питания водоносных горизонтов, расположенным в долине Днепра, на северо-восточной окраине бассейна и на северо-западе, в пределах Одесской области и Молдавской ССР. На юго-западной периферии бассейна (от Дуная до Одессы) подземные воды основных водоносных горизонтов имеют минерализацию до 3—5 г/л.

Ресурсы пресных и слабосолоноватых подземных вод в Причерноморском бассейне приурочены в основном к неогеновым отложениям, которые занимают около 90% его площади, а также к водоносным горизонтам отложений четвертичного, палеогенового и мелового возраста, имеющим незначительное площадное распространение.

Четвертичные аллювиальные водоносные отложения в долинах рек состоят преимущественно из супесей и суглинков с маломощными прослоями гальки и гравия. Самостоятельное значение аллювиальный водоносный горизонт имеет только в долинах Дуная и Днепра, где мощность галечников достигает 20—30 м.

Водовмещающие отложения неогенового возраста представлены известняками, мергелями, песками и песчаниками, переслаивающимися со слабопроницаемыми глинистыми породами. Мощность водоносных прослоев изменяется от нескольких метров до 50 м. Породы моноклинально погружаются в южном направлении, соответственно глубина залегания их увеличивается от нескольких метров на севере до 200 м и более на юге. Неогеновые водоносные горизонты характеризуются неравномерной проницаемостью, поэтому величина водопроводимости колеблется от нескольких десятков метров в сутки (юго-западная, северная и центральная части бассейна) до 100 м²/сут и более (долины Днестра и Днепра, Сивашский бассейн).

Изменение возможных дебитов групповых водозаборов на площади распространения неогеновых горизонтов подчиняется такой же закономерности, что и изменение водопроводимости. В центральной части бассейна, на территории Одесской и Николаевской областей, расчетные мощности сосредоточенных водозаборов составляют 1—10 л/с, на юго-западе бассейна эксплуатация подземных вод возможна только одиночными скважинами с расходом меньше 1 л/с. Самая высокая производительность водозаборов, которую можно ожидать на территории Причерноморского бассейна, не превышает нескольких сотен литров в секунду. Наиболее перспективные участки для заложения таких водозаборов находятся в долинах Днестра и Днепра.

Водоносные горизонты палеогеновых и меловых отложений развиты в северной части Причерноморского бассейна

в виде узкой полосы и на северо-востоке, на междуречье Днепра и Молочной. На севере эти горизонты характеризуются незначительной водоносностью, дебиты групповых водозаборов не превышают 10 л/с. Наиболее водообильные горизонты, приуроченные к бучакским пескам и меловым мергелям и песчаникам, прослеживаются на северо-востоке бассейна, где пресные и слабосолоноватые воды развиты примерно до широты г. Мелитополя.

Водоносные породы погружаются в южном направлении, и в районе г. Мелитополя они вскрываются на глубине 300—400 м. Расходы групповых водозаборов здесь составляют 200—300 л/с.

Общая величина естественных ресурсов подземных вод зоны активного водообмена Причерноморского бассейна оценивается примерно в 70 м³/с. Значение модуля подземного стока уменьшается с северо-запада на юго-восток от 2,5 до 0,1 л/с на 1 км², средняя величина модуля равна 0,4 л/с на 1 км². Минимальные естественные ресурсы бассейна составляют около 40 м³/с.

Эксплуатационные ресурсы пресных и слабосолоноватых подземных вод основных водоносных горизонтов составляют около 50 м³/с, из них 30—35% приходится на пресные воды. Эксплуатационные ресурсы формируются в основном за счет естественных запасов (70%) и в меньшей степени естественных ресурсов (30%). Восполняемая часть эксплуатационных ресурсов принимается равной примерно половине минимальных естественных ресурсов зоны активного водообмена. В процессе эксплуатации водозаборов можно ожидать увеличение эксплуатационных запасов за счет привлечения речных вод и поступления воды из выше- и нижележащих неосновных водоносных горизонтов.

Модули эксплуатационных ресурсов на большей части Причерноморского бассейна небольшие и изменяются в небольших пределах (0,1—0,5 л/с на 1 км²). Территории с модулем менее 0,1 л/с на 1 км² приурочены к юго-западной части бассейна и расположены в виде узкой полосы вдоль побережья Черного моря. В долинах Днестра и Днепра модули эксплуатационных ресурсов повышаются до 0,5—1 л/с на 1 км².

Интенсивность использования ресурсов подземных вод в Причерноморском бассейне достаточно высокая, здесь отбирается около 27 м³/с пресных и солоноватых подземных вод, что составляет 55% от эксплуатационных ресурсов. Наиболее интенсивно подземные воды используются в Молдавской ССР и Херсонской области.

Основная часть (50—60%) отбираемых подземных вод расходуется на хозяйственно-питьевые нужды, около 30—40% — на орошение и только 10% — на промышленные цели.

Подземные воды являются основными источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения на большей части рассматриваемой территории. Сельские населенные пункты обеспечиваются водой из более чем 10 тыс. одиночных скважин, небольшие города и поселки снабжаются из водозаборов, производительность которых от 10 до 100 л/с. Из крупных городов потребность только г. Херсона полностью удовлетворяется за счет подземных вод, в Кишиневе и Николаеве используются подземные и поверхностные воды, водоснабжение Одессы базируется целиком на поверхностных водах. Большая часть используемых подземных вод отбирается одиночными скважинами. На долю крупных городов с потреблением воды 0,5—1 м³/с приходится около 20—30% от общего водоотбора.

Почти все наиболее крупные действующие водозаборы расположены в долинах Днестра и Днепра и эксплуатируют водоносный горизонт неогеновых известняков. Известняки, как правило, залегают на неболь-

шой глубине и отделены от аллювиальных отложений слабопроницаемыми глинистыми породами. Режим работ водозаборов установившийся или близкий к установившемуся. Понижение уровня не превышает 20—30 м, а влияние водозаборов распространяется не более чем на 10—20 км. Формирование эксплуатационных запасов на этих водозаборах происходит в основном за счет поступления речных вод. Естественные запасы водоносного горизонта составляют доли процента в общем балансе водоотбора.

Значительная часть действующих водозаборов вскрывает водоносные горизонты на глубине от нескольких десятков метров до 100—200 м, залегающие под слабопроницаемыми глинистыми отложениями. Наиболее типичный водозабор такого рода находится в северо-восточной части Причерноморского бассейна. Здесь эксплуатируется водоносный горизонт бучакских песков, вскрываемый на глубине около 300 м. В кровле горизонта залегают выдержанные по площади известняковые глины и мергели киевского яруса мощностью 50—100 м. При сравнительно небольшом водоотборе, достигающем 250 л/с, сформировалась воронка депрессии глубиной до 60 м и радиусом влияния до 60 км. Водозабор работает при неустановившемся режиме. Как показал анализ его работы, упругие запасы, освободившиеся в пределах воронки депрессии, не превышают нескольких процентов в общем балансе водоотбора. Естественные ресурсы, даже если они полностью отбираются водозабором, составляют не более 50% от его расхода. Можно предположить, что значительную роль в питании водозабора играют воды, поступающие из вышележащих глинистых отложений. Расчеты производительности водозабора без учета этого источника питания дают завышенные величины понижений уровня воды в скважинах в 1,5—2,5 раза по сравнению с наблюдаемым.

Таким образом, из рассмотрения работы наиболее типичных водозаборов видно, что в процессе эксплуатации основную роль в питании водозаборов играют так называемые привлекаемые запасы — речные воды и воды, перетекающие из вышележащих горизонтов. Модули эксплуатационных ресурсов, вычисленные по данным действующих водозаборов, в несколько раз превосходят модули, учитывающие только сработку естественных запасов и частичное восполнение водоносного горизонта. Это свидетельствует о том, что эксплуатационные ресурсы подземных вод оценены очень осторожно и имеются резервы для их увеличения, связанные в основном с привлечением речного стока и поступлением воды из вышележащих горизонтов. Такие участки, где существуют дополнительные источники питания подземных вод, приурочены в основном к долинам крупных рек — Днестра, Дуная, Днепра и их притоков.

Современная изученность эксплуатационных ресурсов подземных вод Причерноморского артезианского бассейна сравнительно высокая. Запасы, утвержденные в ГКЗ и ТКЗ, составляют примерно 30% от эксплуатационных ресурсов. По площади бассейна эти запасы распределены неравномерно, около 50% их приходится на территорию Молдавской ССР.

Более половины утвержденных запасов сосредоточено на участках действующих водозаборов, разведанных участках, расположенных в долинах Днестра, Днепра и Дуная, где запасы формируются в основном за счет привлечения речных вод. Здесь сооружены наиболее крупные водозаборы с производительностью 0,5—1,5 м³/с.

Рассмотрев гидрогеологические условия Причерноморского бассейна, можно предположить, что в пределах Одесской и Николаевской областей нельзя ожидать увеличения эксплуатационных ресурсов в про-

цессе работы водозаборов. Поэтому дальнейшее увеличение водоотбора в этих областях может происходить за счет роста числа одиночных скважин или мелких водозаборов, снабжающих водой сельское население и небольшие города. Такие крупные города, как Одесса и Николаев, в перспективе не могут быть обеспечены подземными водами.

Молдавская ССР, Херсонская и Запорожская области более обеспечены ресурсами подземных вод, чем упомянутые выше районы. Перспективная потребность большей части расположенных здесь городов и поселков может быть удовлетворена за счет подземных вод. Крупные города Молдавии, такие как Кишинев, Бельцы и др., могут быть обеспечены подземными водами только частично (на 30—50%).

В связи с ограниченностью эксплуатационных ресурсов пресных и слабосолоноватых подземных, а также поверхностных вод на территории Причерноморского бассейна большой интерес представляет возможность добычи и опреснения соленых вод.

По данным М. Р. Никитина (Никитин, Цыганова, 1972), суммарные эксплуатационные ресурсы соленых и главным образом сильносолоноватых подземных вод на площади бассейна оцениваются в 50—70 м³/с. Они содержатся в песчано-глинистых отложениях миоцена, палеогена и мела. Возможная производительность одиночных скважин колеблется в значительных пределах — от менее 1 до 50 л/с, а групповых водозаборов — от 10 до 100 л/с и более. Таким образом, соленые подземные воды после опреснения могут быть использованы для обеспечения хозяйственно-питьевой потребности сельского хозяйства и небольших городов.

Балтийский бассейн трещинных вод

Породы, слагающие Балтийский бассейн, характеризуются слабой водообильностью. Основной водоносный горизонт здесь приурочен преимущественно к верхней трещиноватой зоне архейских и протерозойских кристаллических пород. На возвышенностях кристаллические породы обнажены, на склонах и в понижениях рельефа перекрыты четвертичными образованиями, представленными в основном моренными глинами. Только около 5% территории бассейна занимают участки, сложенные песками. Мощность четвертичных отложений составляет 3—5 м, реже 10—15 м, мощность верхней трещиноватой части кристаллических пород изменяется от 5—15 м в слаботрещиноватых до 20—70 м в интенсивно трещиноватых породах.

Трещиноватые породы характеризуются неравномерной и в основном невысокой водоносностью. Наиболее водообильные участки приурочены к линиям тектонических нарушений, приконтактовым зонам интрузий и древней коре выветривания пород, сохранившейся в понижениях рельефа. На этих участках расходы источников достигают 5—10 л/с, на остальной территории бассейна не превышают 0,5 л/с. Дебиты скважин соответственно изменяются от нескольких литров до долей литра в секунду. Более обводненная территория занимает всего несколько процентов от всей площади бассейна. Водопроводимость пород изучена слабо, по имеющимся сведениям она не более 10—20 м²/сут.

Естественные ресурсы подземных вод Балтийского бассейна составляют около 500 м³/с при среднегодовом модуле подземного стока от 1,5 до 5 л/с на 1 км², минимальный модуль естественных ресурсов, рассчитанный по зимнему меженному стоку рек, не превышает 0,5—1 л/с на 1 км². Наибольшие значения модулей отмечаются в пределах возвышенной центральной части Кольского полуострова, минимальные — в низменной части западного побережья Белого моря, сложенной с поверхности глинистыми породами.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод в Балтийском бассейне [illegible] на отдельных небольших участках, где имелись данные по [illegible] горизонтов. Среднее значение модуля эксплуатационных ресурсов по этим участкам составляет не более [illegible] л/с на 1 км². Так как изученные участки находятся в различных [illegible] условиях, это значение модуля можно распространить на всю территорию бассейна (около 210 тыс. км²) и считать эксплуатационные ресурсы равными примерно 30 м³/с. Большой интерес для водоснабжения представляет величина родникового стока, которая в целом по бассейну составляет 5 м³/с.

Территория Балтийского бассейна характеризуется невысокой плотностью населения. В двух самых крупных городах — Мурманске и [illegible] — проживает по 200—300 тыс. человек, в остальных городах и поселках численность населения не превышает 10—50 тыс. В настоящее время водоснабжение большего числа городов и поселков базируется на поверхностных водах, только в нескольких городах (Кировск, [illegible], [illegible], Выборг и др.) для водоснабжения частично используются в небольших количествах (50—200 л/с) и подземные воды. Эксплуатируются родники, одиночные скважины и колодцы, приуроченные к четвертичным и коренным породам. Дебиты каптируемых родников достигают 40—50 л/с, расходы скважин измеряются несколькими литрами в секунду. Всего в настоящее время по Балтийскому бассейну для городского водоснабжения используется около 350 л/с подземных и около 10 м³/с поверхностных вод. Перспективная потребность городского населения Мурманской области и Карельской АССР может быть обеспечена подземными водами только на 10—15%. Сюда относятся небольшие города и поселки, расположенные преимущественно в районах распространения обводненных песчано-галечниковых отложений. В основном же водоснабжение городов следует ориентировать на использование поверхностных вод.

Потребности сельского населения в основном могут быть удовлетворены за счет подземных вод.

Украинский бассейн трещинных вод

Украинский бассейн трещинных вод характеризуется в целом небольшими эксплуатационными ресурсами подземных вод.

Условия формирования этих ресурсов определяются прежде всего степенью трещиноватости пород кристаллического фундамента, мощностью, литологическим составом и водоносностью рыхлых перекрывающих отложений, морфологией территории, наличием и густотой речной сети, крупностью рек, а также климатическими условиями.

Характерной особенностью рассматриваемой территории является уменьшение величины атмосферных осадков от 600 мм в год на севере и северо-западе до 400 мм на юго-востоке. В этом же направлении повышается величина испарения. Это обусловило заметное уменьшение ресурсов подземных вод с северо-запада на юго-восток УКМ.

Подземные воды в пределах рассматриваемой территории приурочены к трещиноватой зоне в докембрийских породах, а также к перекрывающим их рыхлым песчаным породам мезозоя и кайнозоя. Последние характеризуются небольшой мощностью и спорадическим развитием. На значительных территориях кристаллические породы перекрыты по существу безводными глинистыми и суглинистыми породами мощностью от первых метров до нескольких десятков метров.

Преобладают слабонапорные и грунтовые воды. Мощность наиболее трещиноватой зоны кристаллических пород обычно не превышает 100 м.

Водопроводимость пород относительно низкая, составляет, как правило, несколько десятков квадратных метров в сутки и несколько повышается от водоразделов к речным долинам.

Подземные воды, приуроченные к рыхлому осадочному чехлу, в большинстве случаев используются совместно с трещинными водами, играя в отдельных районах важную роль в формировании эксплуатационных ресурсов за счет относительно высокой емкости водовмещающих песчаных отложений, а иногда и повышенной водопроводимости.

В северной части УКМ на трещиноватых породах залегают обводненные флювиогляциальные, а в долинах рек — аллювиальные пески. Мощность обводненных песков изменяется от нескольких метров до 35 м.

На юго-западной окраине массива существенное значение приобретает водоносный горизонт в известняках и песках сармата, залегающий непосредственно на трещиноватых породах фундамента. Мощность горизонта до 12 м.

На востоке центральной части УКМ важную роль играет водоносный горизонт в песках палеогена, которые выполняют депрессии кристаллического фундамента. Особое значение этот горизонт имеет в пределах Днепровского буроугольного бассейна. Мощность его около 20 м.

В Конкско-Ялынской впадине мощность осадочного чехла превышает 250 м. Основным здесь является напорный водоносный горизонт бучакских пород, залегающий на глубине около 150 м.

В пределах УКМ преобладают подземные воды с минерализацией до 1 г/л, лишь на юго-востоке и на юге она повышается до 1—3 г/л, реже до 3—5 г/л. Характерно закономерное возрастание минерализации с северо-запада на юго-восток.

Общая величина естественных ресурсов подземных вод зоны интенсивного водообмена УКМ составляет около 60 м³/с при среднем значении модуля подземного стока 0,4 л/с на 1 км². Наибольшие величины среднемноголетнего модуля подземного стока (около 0,7—0,8 л/с на 1 км²) характерны для северо-западной части щита, в юго-восточном направлении значение модулей снижается на коротком расстоянии до 0,1 л/с на 1 км².

Суммарные эксплуатационные ресурсы подземных вод УКМ оценены в 50 м³/с, в том числе 5 м³/с — воды с минерализацией 1—3 г/л. Распределение их по территории массива неравномерное. Так, на северо-западе модули эксплуатационных ресурсов составляют 0,5—0,7 л/с на 1 км² при модулях восполняемых ресурсов 0,25—0,4 л/с на 1 км². В центральной части массива модули эксплуатационных ресурсов равны 0,1—0,5 л/с на 1 км², а в южной части и в Приазовье — меньше 0,1 л/с на 1 км². В целом при довольно низкой величине модулей эксплуатационных ресурсов по району отмечается их закономерное и быстрое уменьшение с северо-запада на юго-восток. В пределах Конкско-Ялынской впадины модуль возрастает до 0.5 л/с на 1 км². В небольших депрессиях, выполненных хорошо проницаемыми палеогеновыми или неогеновыми отложениями, модули достигают 1—2 и даже 3 л/с на 1 км². Существенное увеличение модуля эксплуатационных ресурсов может также наблюдаться в долинах рек на участках с повышенной трещиноватостью кристаллических пород.

Восполняемые ресурсы составляют около 60% от общей величины эксплуатационных ресурсов. В процессе эксплуатации доля восполняемых ресурсов должна существенно возрасти за счет привлечения поверхностных вод.

Основной объем эксплуатационных ресурсов приходится на водоносные горизонты трещиноватых докембрийских пород (около 35%), аллювиально-флювиогляциальные и докембрийские отложения (около 35%), меньше ресурсов содержится в сарматских и докембрийских (12%) и палеогеновых и докембрийских (7%) породах.

Доля естественных запасов в общей величине эксплуатационных ресурсов возрастает в районах, где трещиноватые кристаллические породы перекрыты обводненными четвертичными, неогеновыми или палеогеновыми песками. В районах, где водоносный горизонт кристаллических пород перекрыт глинистыми породами, доля естественных запасов в общих эксплуатационных ресурсах становится незначительной.

В приведенных величинах не учитывается та часть эксплуатационных ресурсов, которая может формироваться за счет поверхностного стока средних и крупных рек.

В связи с низкими фильтрационными свойствами водовмещающих пород использование подземных вод на большей части территории УКМ возможно одиночными скважинами или небольшими групповыми водозаборами производительностью до 10—20 л/с. В то же время на отдельных участках, главным образом на северо-западе, где в формировании запасов могут принимать участие подземные воды четвертичных и палеогеновых отложений, возможны дебиты водозаборов от нескольких десятков литров в секунду до 100—150 л/с. Такие участки приурочены, как правило, к долинам рек, где трещиноватость кристаллических пород достаточно интенсивна для обеспечения высокой производительности эксплуатационных скважин, а восполнение запасов может быть обеспечено поверхностным стоком рек.

Интенсивность использования подземных вод на территории УКМ невысокая, несмотря на то, что данный район постоянно испытывает дефицит в питьевой воде. Это связано с неблагоприятными условиями для создания крупных концентрированных водозаборов. В пределах УКМ водоотбор составляет около 10% от эксплуатационных ресурсов. Эксплуатация осуществляется преимущественно одиночными скважинами для нужд сельского хозяйства.

Наиболее крупным из действующих водозаборов является водозабор г. Бердичева с производительностью около 200 л/с. Эксплуатационные запасы обеспечены в основном за счет поверхностного стока. Модуль эксплуатационных ресурсов, определенный по опыту эксплуатации действующего водозабора, составил около 4 л/с.

Производительностью в несколько десятков литров в секунду характеризуются также водозаборы городов Умани, Кировограда, Александрии. В ряде городов (Днепропетровск, Смела) эксплуатируется самостоятельно аллювиальный водоносный горизонт.

В целом опыт эксплуатации действующих водозаборов и материалы разведочных работ свидетельствуют о том, что в пределах УКМ могут быть выявлены участки, где модули эксплуатационных запасов окажутся значительно выше средних по району, хотя существенного увеличения ресурсов подземных вод всего региона ожидать трудно.

В настоящее время в пределах УКМ разведано несколько десятков месторождений подземных вод, однако они, как правило, небольшие по размерам (несколько десятков л/с). Утвержденные в ГКЗ и ТКЗ запасы по сумме всех категорий составляют около 2,5—3 $м^3/с$.

Опыт разведки и эксплуатации действующих водозаборов показывает, что при работе групповых сосредоточенных водозаборов эксплуатационные запасы подземных вод будут обеспечиваться прежде всего естественными ресурсами, формирующими в ненарушенных условиях поверхностный сток рек, и в меньшей степени естественными запасами

рыхлых перекрывающих отложений. Однако минимальный меженный сток рек не характеризует полностью восполняемые эксплуатационные ресурсы, которые, как правило, оказываются больше. Видимо, часть ресурсов расходуется на формирование подруслового потока.

Большая часть используемых и перспективных месторождений подземных вод в данном районе может быть отнесена к типу ограниченных по площади структур, приуроченных к зонам повышенной трещиноватости кристаллических пород. Среди характерных подтипов можно выделить:

а) трещиноватые породы перекрыты водоносными четвертичными флювиогляциальными песками, развитыми на значительной площади и замещающимися аллювиальными отложениями в долинах рек (города Олевск, Овруч);

б) трещиноватые породы перекрыты слабопроницаемыми отложениями коры выветривания, которые в долинах рек полностью (города Умань, Звенигородка) или частично (города Бердичев, Казатин) размыты. В долинах рек развиты маломощные аллювиальные отложения;

в) кристаллические породы перекрыты сарматскими известняками, имеющими площадное распространение.

В большинстве случаев на месторождениях этого типа транзитный поверхностный сток рек отсутствует; меженный поверхностный сток рек полностью формируется в пределах месторождения за счет естественных ресурсов подземных вод.

Меньшее развитие в пределах УКМ получили месторождения в долинах рек, эксплуатирующие непосредственно аллювиальные отложения, когда их водопроводимость существенно превышает водопроводимость кристаллических пород (города Фастов, Кировоград).

Характерным типом месторождений на востоке центральной части УКМ являются замкнутые депрессии, выполненные палеогеновыми (реже меловыми) отложениями. Подстилающие кристаллические породы могут быть обводнены незначительно (г. Коростышев, Александрийский буроугольный бассейн).

В пределах УКМ за счет подземных вод возможно в основном удовлетворение потребностей мелкого сельского и поселкового водоснабжения за счет эксплуатации рассредоточенных водозаборов и одиночных скважин. Однако в ряде случаев дефицит водопотребления средних потребителей (от 50 до 300 л/с) может быть полностью или частично покрыт за счет подземных вод (города Жмеринка, Казатин, Овруч и др.).

Донецкий бассейн трещинных вод

Территория Донбасса относится к районам, плохо обеспеченным подземными и поверхностными водами. Распространенные здесь основные водоносные горизонты характеризуются невысокой водообильностью и содержат, как правило, воду повышенной минерализации (1—3 г/л).

Основные водоносные горизонты в пределах Донецкого бассейна приурочены к юрским, триасовым, пермским и каменноугольным отложениям.

Водоносный горизонт юрских и триасовых пород, развитый на северо-западе Донецкого бассейна, занимает около 15% его площади. Водовмещающими породами служат пески, песчаники и известняки, переслаивающиеся с глинами, водопроводимость которых изменяется в пределах 50—150 м²/сут. На площади развития этих горизонтов возможно сооружение небольших водозаборов с производительностью в несколько десятков литров в секунду.

Пермский водоносный горизонт распространен на незначительной площади в северо-западной части Донбасса и характеризуется невысокой водообильностью; водопроводимость пород не превышает 10—20 м²/сут. На площади распространения хемогенной толщи минерализация подземных вод превышает 10 г/л и они не могут быть использованы для водоснабжения без предварительного опреснения.

Около 70% площади Донецкого бассейна занимают водоносные горизонты каменноугольных отложений, которые выходят на дневную поверхность или перекрыты небольшим слоем четвертичных образований. Отложения представлены перемежающимися песчаниками, аргиллитами, алевролитами, известняками и углями. Подземные воды приурочены к прослоям песчаников, которые занимают от 10 до 50% разреза. Породы характеризуются в основном невысокой водообильностью, водопроводимость их изменяется от 20 до 100 м²/сут; возможные дебиты групповых водозаборов, как правило, не превышают 20 л/с. Участок повышенной водообильности, занимающий всего около 1% территории Донбасса, расположен на юге, где на поверхность выходит известняковая толща нижнекаменноугольного возраста, содержащая трещинно-карстовые воды. Водопроводимость пород в долинах рек здесь достигает нескольких сотен квадратных метров в сутки, а дебиты родников (Клпучая Криница) 100—200 л/с.

Климатические условия Донбасса, северо-западная часть которого находится в зоне неустойчивого, а юго-восточная — в зоне недостаточного увлажнения, мало благоприятны для восполнения запасов подземных вод. Модули подземного стока в ненарушенных условиях, определенные по расчленению гидрографов рек, составляют 0,1—0,3 л/с на 1 км², а общие естественные ресурсы бассейна определены примерно в 10 м³/с. Эксплуатационные ресурсы подземных вод Донецкого бассейна оцениваются примерно в 30 м³/с. Из общей суммы ресурсов около 65% приходится на водоносные горизонты каменноугольных и остальные 35% на водоносные горизонты мезозойских и пермских отложений.

В целом по рассматриваемой территории эксплуатационные ресурсы складываются из естественных запасов, естественных и привлекаемых ресурсов. Соотношение различных составляющих для отдельных водоносных горизонтов неодинаково. В водоносных горизонтах каменноугольных пород большую часть эксплуатационных ресурсов составляют привлекаемые ресурсы, возникающие в процессе интенсивного шахтного водоотлива за счет поглощения речного стока, уменьшения испарения и увеличения перетекания из вышележащих горизонтов. На площади распространения юрских и триасовых отложений эксплуатационные ресурсы складываются в основном из естественных запасов (80—90%) и в меньшей мере из естественных ресурсов. Восполняемая часть эксплуатационных ресурсов на рассматриваемой территории составляет около 80% от естественных ресурсов. Средний модуль эксплуатационных ресурсов составляет около 1,2 л/с на 1 км², крайние его значения изменяются в широких пределах — от 0,05 до 6—8 л/с на 1 км². Максимальные значения наблюдаются на площади распространения карбонатной толщи нижнекаменноугольных отложений, минимальные — на участках распространения пермских. Среднее значение модулей эксплуатационных ресурсов для каменноугольных терригенных отложений с учетом шахтного водоотлива составляет 0,7—0,8 л/с на 1 км².

Водоснабжение Донбасса, где городские жители составляют 80—90% населения, представляет собой сложную проблему. Основное значение как источник централизованного водоснабжения Донбасса имеют подземные воды верхнемеловых и четвертичных аллювиальных

отложений, долин Северского Донца и его притоков, находящихся в пределах Днепровско-Донецкого артезианского бассейна. Около 75% потребляемой воды в настоящее время подается централизованным путем.

Основными источниками централизованного водоснабжения Донецкой области служат поверхностные воды, подаваемые по каналу Северский Донец — Донбасс, и подземные воды верхнемеловых отложений долины Северского Донца; последними снабжается главным образом Ворошиловградская область. Водоснабжение осуществляется по единой водопроводной системе протяженностью в несколько сотен километров. Всего от Северско-Донецких водозаборов из Днепровско-Донецкого артезианского бассейна подается около 15 м³/с. Кроме этого, местными водозаборами, вскрывающими подземные воды каменноугольных и мезозойских отложений, отбирается несколько кубических метров в секунду. Большая часть действующих водозаборов, расположенных на площади развития каменноугольных, пермских и мезозойских отложений, представляют собой небольшие группы или одиночные скважины производительностью не более 10—20 л/с.

Значительную роль в водном балансе Донбасса играет откачка воды из угольных шахт. Притоки подземных вод в отдельные шахты небольшие и в основном не превышают 20—30 л/с; максимальные притоки в шахту достигают 150 л/с. Однако в целом по Донбассу величина шахтного водоотлива составляет около 14 м³/с. Шахтные воды частично используются для орошения и производственно-технических нужд, большая же часть их без предварительной очистки сбрасывается в реки и загрязняет поверхностные воды. Притоки в шахты формируются за счет естественных запасов, доля которых незначительна в начальный период формирования воронки депрессии. При длительной эксплуатации шахт водопритоки определяются естественными ресурсами, а также привлекаемыми за счет увеличения питания подземных вод на площади влияния шахтного водоотлива.

Таким образом, в настоящее время на территории Донбасса и прилегающей к нему долине Северского Донца отбирается около 15—16 м³/с пресных и солоноватых подземных вод, что составляет немногим более 50% от подсчитанных эксплуатационных ресурсов. Общее количество эксплуатационных запасов подземных вод, утвержденных в ГКЗ и ТКЗ на действующих водозаборах и разведанных участках, составляет около 2 м³/с.

Проблему водоснабжения Донецкого бассейна в будущем предполагается решать комплексно, путем использования поверхностных и подземных, в том числе шахтных вод. Подземные воды проектируется использовать в основном для хозяйственно-питьевого водоснабжения, поверхностные — для хозяйственно-питьевого и промышленного, шахтные — для технического водоснабжения и орошения. Большее число населенных пунктов будет переведено на централизованное водоснабжение. В наиболее благоприятных условиях обеспеченности подземными водами находится Ворошиловградская область. Перспективная потребность в воде городского и сельского населения этой области может быть обеспечена подземными водами меловых отложений долины Северского Донца (в Днепровско-Донецком артезианском бассейне) за счет расширения действующих водозаборов и ввода новых на разведанных участках.

В менее благоприятных условиях находятся населенные пункты Донецкой области, его потребность в воде может быть удовлетворена за счет подземных вод примерно на 30%. Полностью обеспечена потребность городов, расположенных в северной части области, которые и в настоящее время используют подземные воды верхнемеловых отло-

жений. Для водоснабжения остальных городов будут в основном привлекаться поверхностные воды канала Северский Донец — Донбасс и строящегося канала Днепр — Донбасс. Местные источники водоснабжения (подземные воды карбонатной нижнекаменноугольной толщи, песков мезозоя) могут только частично покрыть потребность в воде отдельных городов.

Как отмечено выше, подземные воды основных водоносных горизонтов Донбасса содержат преимущественно солоноватые воды. С глубиной минерализация подземных вод в этих горизонтах увеличивается до 10—20 г/л и более. По данным М. Р. Никитина, эксплуатационные ресурсы соленых вод в Донецком бассейне составляют 20—30 м³/с, после опреснения эти воды могут быть использованы для водоснабжения преимущественно сельского населения.

Туранская гидрогеологическая область

Территория Туранской гидрогеологической области характеризуется неравномерной обеспеченностью подземными водами. В краевых частях артезианских бассейнов, особенно на южных и юго-восточных окраинах области, граничащих с горными сооружениями, формируются мощные потоки пресных подземных вод, приуроченных к аллювиально-пролювиальным отложениям четвертичного возраста. Пресные и слабосолоноватые подземные воды в значительных количествах могут быть также обнаружены практически повсеместно на участках, где в разрезе имеются регионально выдержанные толщи проницаемых пород — песков, известняков, мергелей (Сырдарьинский артезианский бассейн, юго-западная часть Тургайского артезианского бассейна). На большом удалении от горных сооружений, являющихся областями питания, обеспеченность подземными водами, которые могут быть использованы в народном хозяйстве для водоснабжения и орошения, резко снижается. Минерализация подземных вод при движении их от областей питания к зонам разгрузки, а также вследствие фациального замещения проницаемых пород (главным образом песков) слабопроницаемыми отложениями (суглинками и глинами) увеличивается.

Исходя из общих положений, к районам, обеспеченным пресными или слабосолоноватыми подземными водами, отнесены Сырдарьинский артезианский бассейн, за исключением его западной части, Чу-Сарысуйский артезианский бассейн, кроме его северной части, восточная и юго-западная окраины Амударьинского бассейна граничащие с горными сооружениями Тянь-Шаня и Копет-Дага, а также долины Амударьи, Мургаба и Теджена, юго-западная часть Тургайского артезианского бассейна, Северо-Аральский артезианский бассейн. К территориям, недостаточно обеспеченным подземными водами, относятся горный Мангышлак, прилегающие к нему малые артезианские бассейны и Центрально-Кызылкумская группа малых артезианских бассейнов и бассейнов трещинных вод. В пределах центральной части Туркмении (Амударьинский артезианский бассейн), Устюртского артезианского бассейна, западной части Сырдарьинского бассейна, северной части Чу-Сарысуйского бассейна и на значительной части Тургайского артезианского бассейна водоносные горизонты, на которых можно было бы базировать водозаборы с расходом даже до 10 л/с, практически отсутствуют.

Естественные ресурсы подземных вод в пределах Туранской артезианской области формируются главным образом в ее периферической части на юго-востоке, вдоль складчатой системы Тянь-Шаня, по границе с Копет-Дагом, вдоль восточного борта системы Мугоджар — Уралтау и юго-западной части Центрально-Казахстанской гидро-

геологической складчатой области. В пределах последней в полосе выхода на дневную поверхность верхнемеловых песков происходит интенсивное поглощение паводковых вод, стекающих с мелкосопочника; величина этого стока достигает 100—150 млн. м³ в год. В центральной части артезианской области, там, где не сказывается влияние горносклладчатых сооружений, питание и формирование естественных ресурсов происходит в низкогорьях, сложенных палеозойскими трещиноватыми породами (центральная часть Кызылкумов, Мангышлак, Туаркыр), или на участках выхода на дневную поверхность водоносных горизонтов (известняков сармата на Устюрте, песков и гравия олигоцена на Чаграйском плато, меловых песков в Сырдарьинском бассейне и др.). На площадях, сложенных с поверхности слабопроницаемыми глинистыми и суглинистыми породами, естественные ресурсы подземных вод не образуются (вся влага расходуется на испарение); здесь имеется лишь транзитный подземный поток, движущийся от областей питания к зонам разгрузки (Аральское море, Арыскульская и Мынбулакская котловины и др.). Естественные ресурсы подземных вод формируются также по долинам Сырдарьи, Амударьи, Мургаба, Теджена, где происходят потери поверхностного стока, питающего водоносные горизонты.

Модуль естественных ресурсов в пределах рассматриваемой территории изменяется в очень широких пределах; на границе с горными областями в конусах выноса и предгорных шлейфах он достигает десятков литров в секунду на 1 км², а в центральной части Амударьинского, на значительных площадях Тургайского, Чу-Сарысуйского и в западной части Сырдарьинского артезианских бассейнов значение модуля приближается к нулю, здесь наблюдается только транзитный поток.

В четвертичных аллювиально-пролювиальных отложениях предгорных шлейфов, конусов выноса и в прирусловой зоне крупных рек модуль естественных ресурсов достигает (в л/с на 1 км²): 6 (Китабо-Шахрисябзская котловина), 10—20 (конус выноса Зеравшана) и даже 180 (линзы вдоль Амударьи). Большая часть территории Туранской области характеризуется модулями естественных ресурсов, равными 0,1—0,7 л/с на 1 км² (эоловые пески, известняки сармата, олигоценовые и эоценовые отложения, верхнемеловые водоносные горизонты). Наименьший модуль естественных ресурсов (0,01—0,05 л/с на 1 км²) отмечен в южной части плато Устюрт, в малых артезианских бассейнах Центральных Кызылкумов и Туаркыра.

Естественные ресурсы подземных вод Туранской артезианской платформенной области составляют около 450 м³/с. Распределение естественных ресурсов по водоносным горизонтам и артезианским бассейнам приведено в табл. 7 и 8.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод в пределах Туранской артезианской области слагаются из естественных ресурсов, естественных запасов (гравитационных и упругих), привлекаемых ресурсов за счет поверхностного стока, снижения или полного прекращения испарения и транспирации тугайной растительностью. В различных частях гидрогеологической области доля участия перечисленных источников, составляющих эксплуатационные ресурсы, неодинаковая. В периферийных зонах, граничащих с горным обрамлением, в формировании эксплуатационных ресурсов доминирующее значение имеют естественные ресурсы и привлекаемые за счет уменьшения поверхностного стока, доля участия привлекаемых ресурсов в результате снижения испарения и транспирации незначительна, а доля естественных запасов практически равна нулю. В крупных артезианских бассейнах — Сыр-

Таблица 7

Ресурсы подземных вод Туранской гидрогеологической платформенной области (по основным водоносным горизонтам)

Водоносный горизонт, комплекс	Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ и ТКЗ эксплуатационные запасы	
	естественные	эксплуатационные			м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
		всего	использованные					
Водоносный горизонт четвертичных аллювиальных отложений	45	64	40	0,5—4	2	3	3,4	5
Водоносный комплекс четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений	210	230	160	1—22	3	1	7,7	3
Водоносный горизонт современных верхнечетвертичных эоловых и аллювиальных отложений	23	16	14	0,05—1,2	0,5	3	1	6
Водоносный горизонт подпесчаных днищ четвертичных и неогеновых отложений	1	10	1	0,1—0,9	0,7	7	1,5	15
Водоносный горизонт неогеновых отложений	35	79	30	0,1—2	0,2	0,2	—	—
Водоносный горизонт олигоценовых отложений	11	7	4	0,03—0,8	0,2	3	1,1	15
Водоносный комплекс эоценовых отложений	27	54	20	0,03—0,5	1	2	2,9	5
Водоносный комплекс верхнемеловых пород	74	157	56	0,04—1,2	1	1	5,1	3
Водоносный комплекс нижнемеловых пород	9	17	6	0,04—0,6	—	—	—	—
Всего	435	634*	331		9	1,5	22,7	4

* 50—60% пресных вод, остальные слабосолоноватые воды.

Примечание. Площадь оценки ресурсов области составляет 1540 тыс. км².

дарьинском, Чу-Сарысуйском, в южной части Тургайского бассейна, в области развития высоконапорных водоносных горизонтов меловых и палеогеновых отложений эксплуатационные ресурсы почти полностью формируются за счет упругих запасов, снижение испарения играет подчиненную роль, а естественные ресурсы и привлекаемый поверхностный сток, кроме долин наиболее крупных рек, в обеспечении эксплуатационных ресурсов практически не участвуют. Промежуточными условиями характеризуются площади развития невысоких гор Центральных Кызылкумов, Мангышлака и заключенных между ними малых артезианских бассейнов, а также участки выхода водоносных горизонтов на дневную поверхность, где в формировании эксплуатационных ресурсов подземных вод участвуют все названные выше источники, за исключением поверхностного стока. Последний имеет решающее значение в формировании эксплуатационных ресурсов в долинах Амударьи и ее дельтах, Сырдарьи, Мургаба, Теджена.

Минерализация подземных вод основных водоносных горизонтов до 3 г/л, выделить среди них пресные и слабосолоноватые воды не представляется возможным.

Таблица 8

Ресурсы подземных вод Туранской гидрогеологической платформенной области (по артезианским бассейнам)

Артезианский бассейн	Ресурсы пресных и солоноватых вод, м³/с		Ресурсы сильно-солоноватых и соленых подземных вод, м³/с	Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ, ТКЗ эксплуатационные запасы подземных вод	
	естественные	эксплуатационные		м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
Амударьинский	180	170	100—120	2,6	1,5	15	29
Сырдарьинский	150	220	100—150	3,8	2	3,9	2
Чу-Сарысуйский	30	130	50—60	1	0,8	—	—
Тургайский		60	50—60	0,4	0,7	3	5
Северо-Аральский	40	10	8—10	0,3	3	0,3	3
Мангышлакский и Устюртский	15	30	50—100	0,8	2,7	0,5	2
Центрально-Кызылкумский	10	14	10—12	0,1	0,7	—	—
Всего	435	634	370—510	9	1,5	22,7	4

Ориентировочно можно предполагать, что 50—60% эксплуатационных ресурсов, преимущественно в периферийной части области, составляют пресные воды и 40—50% в основном в центральных частях области, удаленных от главных зон питания,— слабосолоноватые. По химическому составу преобладают подземные воды сульфатного кальциево-натриевого состава, реже наблюдаются гидрокарбонатные кальциевые (у границ артезианской области со складчатыми сооружениями) и сульфатно-хлоридные и хлоридные кальциево-натриевые воды (во внутренних частях области).

Модуль эксплуатационных ресурсов на территории Туранской области изменяется в широких пределах. В четвертичных отложениях Китабо-Шахрисябзской котловины и Зеравшанского конуса выноса его величина достигает 20 л/с на 1 км², а вдоль долины Амударьи, на некоторых участках — 180 л/с на 1 км², в эоловых песках северной части Туранской области (Мангышлакский, Устюртский, Северо-Аральский, Тургайский бассейны) модуль равен 0,2—0,6 л/с на 1 км², а в северо-восточной части песков Моюнкум (Чу-Сарысуйский бассейн) составляет 1 л/с на 1 км². В Мангышлакском и Устюртском бассейнах модуль эксплуатационных ресурсов сарматского водоносного горизонта составляет 0,1—0,2 л/с на 1 км², на большей части крупных артезианских бассейнов модули олигоценового, эоценового, верхне- и нижнемелового горизонтов изменяются от 0,03—0,04 л/с на 1 км² в Центральных Кызылкумах до 1 л/с на 1 км² на некоторых участках Сырдарьинского бассейна. Минимальными эксплуатационными ресурсами подземных вод характеризуются Каракумы, Туаркырское плато, районы северного побережья Кара-Богаз-Гола, западная часть Сырдарьинского и северная часть Чу-Сарысуйского бассейнов, северные и центральные районы Тургайского бассейна.

Эксплуатационные ресурсы пресных и солоноватых подземных вод в пределах Туранской области составляют приблизительно 640 м³/с. Приуроченность эксплуатационных ресурсов к водоносным горизонтам и артезианским бассейнам показана в табл. 7 и 8.

Наиболее важными и перспективными для использования в народном хозяйстве являются водоносные горизонты меловых (Сырдарьинский, центральная часть Чу-Сарысуйского, южная часть Тургайского, Северо-Аральский, Мангышлакский, Центрально-Кызылкумский, Амударьинский артезианские бассейны), олигоценовых и эоценовых (Тургайский, Северо-Аральский, Центрально-Кызылкумский бассейны), неогеновых (Мангышлакский, Устюртский и восточная часть Чу-Сарысуйского артезианские бассейны) и четвертичных аллювиально-пролювиальных, аллювиальных, эоловых отложений. Перечисленные водоносные горизонты эксплуатируются наиболее интенсивно, за исключением водоносного комплекса неогеновых отложений, отбор подземных вод из которого ничтожен (см. табл. 7) и не соответствует величине его эксплуатационных ресурсов.

Используются подземные воды в Туранской гидрогеологической области крайне мало. На всей большой ее территории практически отсутствуют действующие водозаборы пресных подземных вод с производительностью более 100—200 л/с. Расходы водозаборов солоноватых вод, обеспечивающих технические нужды, достигают 0,5—0,6 м³/с. Наиболее крупными водозаборами являются: Куюлусский на Мангышлаке, эксплуатирующий напорные воды сеноман-альбских отложений; на Ясханской линзе в западной части Кара-Кумов среди четвертичных песков, отбирающий 0,4—0,5 м³/с, и водозабор на приканальной линзе канала Шахруд в Бухаре с производительностью 0,3 м³/с. Все остальные водозаборы небольшие — с дебитом до 100 л/с, чаще до 30—60 л/с.

В настоящее время из недр извлекаются подземные воды в количестве около 15 м³/с, из них используется 8—9 м³/с (см. табл. 7 и 8). Столь большая разница между количеством воды, извлекаемой из недр и используемой в народном хозяйстве, объясняется тем, что во многих случаях в артезианских бассейнах скважины, вскрывшие напорные водоносные горизонты, соответствующим образом не оборудованы, вода бесполезно теряется в песках или заболачивает окружающую скважину площадь.

В пределах Туранской артезианской области развиты разнообразные типы месторождений подземных вод: артезианских бассейнов платформенного типа; речных долин; песчаных массивов пустынь и полупустынь (в том числе линзы пресных вод); конусов выноса пролювиальных шлейфов и межгорных впадин; ограниченных структур с трещинными и трещинно-карстовыми водами.

Наиболее своеобразным типом месторождений являются так называемые линзы пресных вод, довольно редко встречающиеся в других районах. Расчеты показывают, что естественные ресурсы подпесчаных линз на территории Туркмении весьма ограниченны (около 10—70 л/с) и лишь в наиболее крупной и детально разведанной Ясханской линзе составляют 230 л/с. В то же время объем пресных и слабосолоноватых (до 3 г/л) подземных вод подпесчаных линз является весьма большим и составляет (в млрд. м³): в Восточно-Заунгузской — 10, Ясханской — 9,5, Джилликумской — 5, Чильмамедкумской — 6, Октумкумской — 0,6, Черкезлинской — 1,2, Репетекской — 0,3. Благодаря специально разработанной методике эксплуатации пресных вод, залегающих среди соленых, песчаные линзы пресных вод стали важнейшим источником водоснабжения в Амударьинском артезианском бассейне.

В Туранской области эксплуатируются подземные воды главным образом трех типов месторождений: артезианских бассейнов платформенного типа (Куюлусский водозабор), подпесчаных линз пресных вод (Ясханская линза) и речных долин, приречных и приканальных линз пресных вод (города Бухара, Ургенч и др.). Следует отметить, что на

большем числе действующих водозаборов наблюдений за расходом и особенно за уровнем подземных вод не ведется. Исходя из общих соображений, следует полагать, что водозаборы на месторождениях артезианских бассейнов платформенного типа работают в неустановившемся режиме, поскольку стабилизирующих факторов, кроме перетекания, нет, а при перетекании в питающем пласте также неминуемо происходит снижение уровня. В неустановившемся режиме работают и водозаборы на крупных подпесчаных линзах пресных вод, поскольку основным источником формирования эксплуатационных запасов подземных вод являются естественные запасы, а естественные ресурсы имеют резко подчиненное значение. Водозаборы, эксплуатирующие приречные и приканальные линзы пресных вод (долины и дельты Амударьи, Сырдарьи, Мургаба, Теджена, Чу, Бухарский оазис и др.), в силу специфики гидрогеологических условий работают обычно (по крайней мере в годовом цикле) в установившемся режиме. Главным и практически единственным источником формирования эксплуатационных запасов подземных вод в таких условиях являются воды рек и каналов.

В Туранской артезианской платформенной области эксплуатационные ресурсы изучены слабо (см. табл. 7 и 8). За исключением Амударьинского бассейна по всем остальным в ГКЗ и ТКЗ утверждено запасов менее 5% от эксплуатационных ресурсов, а по Чу-Сарысуйскому бассейну, несмотря на значительные эксплуатационные ресурсы подземных вод, в ГКЗ и ТКЗ запасы не утверждались. Здесь не рассматриваются северные склоны Киргизского хребта, Талас-Ассинский конус выноса и Чуйская долина, выше г. Чу, относящиеся к Тянь-Шаньско-Памирско-Джунгарской гидрогеологической складчатой области.

Перспективная потребность городского населения в воде для хозяйственно-питьевых целей может быть удовлетворена полностью в пределах большей части Чу-Сарысуйского артезианского бассейна (за исключением его северной части), на значительной территории Сырдарьинского бассейна, исключая, вероятно, западную зону, примыкающую к Аральскому морю, почти повсеместно в Северо-Аральском бассейне, в южной половине Тургайского бассейна, примерно на половине площади Мангышлакского и Устюртского бассейнов, в восточной части Амударьинского бассейна, Бухарском оазисе и долине Амударьи. На остальной территории Туранской области, т. е. на большей части Амударьинского, в Туаркырском, в северных частях Тургайского и Чу-Сарысуйского бассейнов, в Центрально-Кызылкумском, частично в Мангышлакском и Устюртском бассейнах потребность в питьевой воде полностью или частично не может быть удовлетворена.

Водоснабжение рассредоточенных сельскохозяйственных объектов, в частности пастбищ, повсеместно базируется на подземных водах, поскольку они, как правило, имеют небольшую потребность в воде. Расход водозабора, равный 5—10 л/с, обеспечивает любой сельский населенный пункт, а потребность водопойного пункта на пастбище не превышает 0,5, максимум 1 л/с. Поэтому там, где имеются грунтовые или напорные воды, развитые на большей площади, водоснабжение сельского хозяйства осуществляется с помощью скважин. Кроме скважин используются различные способы сохранения воды, накопленной весной в период снеготаяния (сардобы в Туркмении и т. п.). Количество воды, необходимое для сельскохозяйственного водоснабжения на перспективу, неизвестно, но ввиду крайне слабой заселенности Туранской области можно предполагать, что оно (без орошения) не превысит в будущем нескольких процентов от потребности в воде городов. Недостаток пресных подземных вод может быть в значительной степени компенсирован за счет опреснения сильносолоноватых и со-

леных вод (с минерализацией 10—30 г/л), эксплуатационные ресурсы которых весьма велики и оцениваются (Никитин, Цыганова, 1972) для всей территории Туранской области в 350—500 м³/с. Распределение ресурсов соленых вод по артезианским бассейнам приведено в табл. 8. Водоносные горизонты, содержащие сильносолоноватые и соленые воды, могут обеспечивать расход одиночных скважин в объеме 1—5 л/с, иногда до 10 л/с, а производительность групповых водозаборов 10—50 л/с, в наиболее благоприятных условиях до 100 л/с и более. Сильносолоноватые и соленые воды приурочены к тем же водоносным горизонтам и комплексам, что и пресные, и слабосолоноватые, но обнаруживаются на значительно больших глубинах и на большем удалении от областей питания, чем пресные.

Существенная роль в повышении надежности водоснабжения сельского хозяйства, в частности отгонного животноводства, должна принадлежать искусственным приемам увеличения запасов воды, например сбору ливневых вод на такырах и хранению их в специальных колодцах или путем погружения в неглубокозалегающие проницаемые грунты и т. п.

Ниже рассматриваются основные водоносные горизонты и комплексы, перспективные для организации водоснабжения за счет подземных вод в Туранской области. Это водоносные горизонты, приуроченные к аллювиальным и аллювиально-пролювиальным четвертичным отложениям речных долин, конусов выносов и предгорных шлейфов. Последние распространены на востоке и юго-западе Туранской гидрогеологической области, на сочленении артезианских бассейнов с горно-складчатыми сооружениями, где водовмещающие породы представлены песками, гравием и галечниками. Мощность водоносных комплексов в слоистых толщах, характеризующихся весьма высокой водообильностью, достигает нескольких сотен метров, водопроводимость — 5000 м²/сут. Воды, как правило, напорные, величина напоров достигает сотен метров, а превышение пьезометрического уровня над поверхностью земли — десятков метров. Минерализация воды чаще всего равна 0,5—0,8 г/л, редко превышая 1 г/л. Более повышенной минерализацией (1—2 г/л) характеризуются подземные воды предгорной равнины Копет-Дага. За счет подземных вод четвертичных аллювиально-пролювиальных пород могут эксплуатироваться водозаборы с производительностью в сотни и первые тысячи литров в секунду. Однако необходимо подчеркнуть, что подобные благоприятные условия имеются только в пределах узкой полосы сочленения платформенной артезианской области с Памиро-Тянь-Шаньской и Копет-Дагской гидрогеологическими складчатыми областями.

Важное значение для мелкого, рассредоточенного водоснабжения, в частности в пустынных районах Тургайского, Северо-Аральского, Мангышлакского, Устюртского и северной части Чу-Сарысуйского бассейнов, имеет водоносный горизонт верхнечетвертичных современных эоловых тонкозернистых и мелкозернистых песков. В песчаных массивах северной и северо-восточной частей Приаралья (Большие и Малые Барсуки, Приаральские Каракумы), в Муюнкумах и других районах эоловые отложения иногда являются единственным источником получения пресной воды. Мощность водоносного горизонта изменяется от нескольких метров до 30 м, водопроводимость составляет 30—80 м²/сут. Вода, как правило, пресная, иногда минерализация повышена до 1,5—2 г/л. Обычная производительность водозаборов (одиночных скважин) из эоловых отложений составляет 0,1—3 л/с, в наиболее благоприятных условиях (пески Сам и

Саускан на Мангышлаке, Большие Барсуки в районе г. Челкара) она может достигать 50 и даже 100 л/с.

Существенное значение в водоснабжении имеет водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений в долинах рек Амударьи, Сырдарьи, Мургаба, Чу, Тургая и др. Мощность водоносного аллювия достигает десятков метров, водопроводимость 100—1500 м²/сут. Все реки в паводок, а большая часть (Амударья, Сырдарья и др.) и в межень питают водоносные горизонты, причем потери речного стока достигают сотен литров в секунду на 1 км русла (на оба берега). В связи с быстрым засолением подземных вод при движении в сторону от реки прирусловые пресные подземные воды часто являются единственным источником водоснабжения (средние течения Амударьи, Тургая, низовья Сарысу и др.). Минерализация воды редко достигает 1,5—2 г/л, в основном воды пресные. За счет подземных вод прируслового аллювия могут эксплуатироваться водозаборы с производительностью от 10—50 л/с (долины Сарысу, Тургая) до 500 л/с (долины Чу, Амударьи, Серахская дельта р. Теджен). Кроме водоносного комплекса аллювиальных отложений, необходимо упомянуть о приканальных, подпесчаных и подтакырных линзах пресных вод. Приканальные линзы, формирующиеся вследствие фильтрации пресных вод из оросительных каналов, могут обеспечивать работу водозаборов с производительностью от 50 до 500 л/с вблизи наиболее крупных каналов, например в Хорезме.

Подпесчаные линзы пресных вод, плавающие на соленых, приурочены к песчано-глинистым четвертичным иногда неогеновым отложениям. Максимальная вскрытая мощность их достигает 80 м. Коэффициенты фильтрации песков, в которых формируются крупные подпесчаные линзы, изменяются от 2 до 10 м/сут, минерализация подземных вод обычно равна 0,5—3 г/л. Производительность водозаборов из подпесчаных линз может достигать 100 л/с, но чаще всего она бывает до 10 или 50 л/с. Подтакырные линзы образуются за счет поверхностного стока с крупных такыров в период интенсивного выпадения осадков. В отличие от крупных подпесчаных линз — Ясханской, Восточно-Заунгузской, Джилликумской, Чильмедкумской и др. подтакырные линзы характеризуются небольшими ресурсами подземных вод, и возможная производительность водозаборов (одиночных скважин) не превышает здесь одного, редко нескольких литров в секунду.

Перспективными для использования водоносными горизонтами отложений неогеновой системы являются плиоцен-нижнечетвертичные пески, гравий, галечники, слабосцементированные песчаники и известняки сарматского яруса верхнего миоцена.

Плиоцен — нижнечетвертичные отложения, мощность которых 20—80 м, распространены в восточной и южной частях Чу-Сарысуйского бассейна. Содержащиеся в них воды напорные, минерализация их колеблется от 0,5 г/л на сочленении с предгорной равниной Киргизского хребта до 10 г/л в центральной части бассейна. Водопроводимость их изменяется от 50 до 1000 м²/сут и более. За счет вод плиоцен-нижнечетвертичных отложений могут эксплуатироваться водозаборы с производительностью от 10 до 500 л/с.

Водоносный горизонт сарматских известняков имеет наибольшее значение в Устюртском артезианском бассейне. Мощность горизонта во впадинах достигает 60 м, на возвышенностях горизонт нередко сдренирован. Глубина залегания уровня подземных вод изменяется от 2 до 60 м, коэффициент фильтрации пород — от 5 до 70 м/сут, минерализация воды колеблется от 1,5 до 10 г/л. Меньшее значение этот горизонт имеет в Мангышлакском артезианском бассей-

не. Производительность водозаборов в известняках составляет 1—10 л/с, в наиболее благоприятных условиях достигает 50 л/с. На плато Устюрт этот горизонт широко используется для водоснабжения.

Водоносный комплекс олигоценовых песков является перспективным для использования в народном хозяйстве в Северо-Аральском бассейне, а также на значительной территории Тургайского бассейна, в его северной и центральной частях, где отсутствуют другие более перспективные водоносные горизонты, например верхнемеловой. Коэффициенты фильтрации пород изменяются от 0,2 до 8,5 м/сут, минерализация воды — от менее одного до 2 г/л на возвышенностях и на площадях выхода олигоценовых песков на дневную поверхность до 10 г/л на участках более глубокого залегания водоносного комплекса. За счет подземных вод олигоценовых пород можно сооружать водозаборы с производительностью 5—50 л/с.

Водоносный комплекс эоценовых песков, песчаников, опок, алевролитов мощностью от 20 до 160 м имеет значение для водообеспечения в Тургайском и Северо-Аральском артезианском бассейнах. Воды комплекса напорные, коэффициенты фильтрации пород изменяются от десятых долей метра в сутки до 10 м/сут. Воды, как правило, солоноватые, минерализация их находится в пределах 2—10 г/л. За счет подземных вод эоценового комплекса там, где они имеют минерализацию 2—3 г/л, можно сооружать водозаборы с расходом 5—10 л/с, на отдельных участках (Челкарский артезианский бассейн, Кошкаратинская мульда) — до 50 л/с. Для эоценовых отложений Северо-Аральского бассейна характерна обращенная гидрохимическая зональность, в соответствии с которой на глубине 50—100 м минерализация подземных вод составляет 3—5 г/л, а на глубине 180—200 м — 0,4—1,3 г/л. Это обстоятельство необходимо учитывать при организации водоснабжения.

Наиболее важным и перспективным для широкого использования в народном хозяйстве является водоносный комплекс верхнемеловых отложений, представленных песками, слабосцементированными песчаниками, гравелитами, известняками, конгломератами. Этот водоносный комплекс распространен повсеместно в Амударьинском и Сырдарьинском артезианских бассейнах, на большей части Чу-Сарысуйского, Центрально-Кызылкумского и в южной части Тургайского бассейнов, в Северо-Аральском и Мангышлакском бассейнах. Мощность водоносного комплекса колеблется от первых десятков метров на периферии бассейнов до 300 м и более в их центральных частях: в этом же направлении изменяется глубина залегания комплекса от первых метров до 900 м в Сырдарьинском и до 1350 м в Амударьинском бассейнах. Воды напорные. Часто пьезометрические уровни устанавливаются выше поверхности земли. Коэффициент фильтрации водоносных отложений изменяется от десятых долей до 15 м/сут, водопроводимость пород — от первых десятков до 1000 м²/сут и более. Воды преимущественно слабосолоноватые с минерализацией от 1 до 3 г/л, но в Сырдарьинском и Чу-Сарысуйском бассейнах на большей части территории минерализация воды не превышает 1 г/л, в Амударьинском бассейне она составляет 3—10 г/л. Нередко воды имеют повышенную температуру (20—30° С и более). Поскольку происходит сработка больших напоров, допустимые понижения уровней воды возможны до 100—200 м и больше. На эксплуатации подземных вод верхнемелового водоносного комплекса могут базироваться водозаборы с производительностью 50—500 л/с, а в наиболее благоприятных условиях — больше 1 м³/с.

Широкое распространение в пределах Туранской артезианской платформенной области имеет водоносный комплекс нижне-

меловых отложений. Наибольшее развитие комплекс имеет в Сырдарьинском и Амударьинском артезианских бассейнах, на Мангышлаке, Устюрте, в Центрально-Кызылкумском и Северо-Аральском бассейнах. Водовмещающие породы представлены песчаниками, конгломератами, известняками. Глубина залегания их изменяется от нескольких десятков до 1500 м, соответственно этому увеличивается мощность от 20 до 400 м и распределяются напоры воды. Водопроводимость пород колеблется от 20 до 300 м²/сут, минерализация воды — от 2 до 100 г/л. Слабосолоноватые воды развиты на большей части площади Сырдарьинского бассейна, в Центрально-Кызылкумском и Северо-Аральском бассейнах, горном Мангышлаке, вдоль горного обрамления Амударьинского бассейна. Весьма часто температура подземных вод нижнемелового комплекса достигает 40—70° С. Производительность водозаборов, эксплуатирующих нижнемеловой комплекс, может достигать 50 л/с, а на площадях с благоприятными условиями питания и водообмена — 300 л/с.

Водоносный комплекс пермо-триасовых отложений, представленных песчаниками и сланцами с подчиненными прослоями известняков, распространен в горном Мангышлаке. Глубина залегания подземных вод составляет 10—60 м, воды, как правило, грунтовые, минерализация их выше базиса естественной разгрузки равна 0,4—1 г/л, ниже — 1—4 г/л. Водопроводимость пород изменяется от 20 до 150 м²/сут. За счет подземных вод этого комплекса могут быть устроены водозаборы с производительностью до 10—30 л/с.

Подземные воды трещиноватой зоны палеозойских отложений и интрузивных пород распространены в Центральных Кызылкумах. Глубина проникновения трещин достигает 100 м, а в зонах тектонических разломов значительно больше. Водопроводимость пород изменяется от 10 до 100 м²/сут, минерализация воды — от 0,5 до 5, реже 15 г/л. В палеозойских породах гор Центральных Кызылкумов могут быть сооружены водозаборы с производительностью до 10 л/с, в зонах региональных разрывных нарушений и в закарстованных породах — до 50 л/с (Тамдытау). Эксплуатационные ресурсы подземных вод палеозойских отложений незначительны.

Западно-Сибирская гидрогеологическая область

Западно-Сибирская гидрогеологическая область занимает площадь, равную 2,5 млн. км², и является одним из крупнейших артезианских бассейнов мира, в котором аккумулируются огромные ресурсы подземных вод. Особенности геологического строения и физико-географической зональности области обусловили приуроченность основных ресурсов пресных и солоноватых вод к водоносным горизонтам и комплексам мезо-кайнозойских отложений. Эти же особенности предопределили и неравномерное распределение на рассматриваемой территории ресурсов подземных вод.

Естественные ресурсы подземных вод Западно-Сибирской гидрогеологической области составляют приблизительно 4800 м³/с, из них 90% образуется в зоне умеренного и избыточного увлажнения центральной и северной (кроме Заполярья) частей области, занимающих примерно 60% площади. В зоне недостаточного увлажнения на юге Западной Сибири, охватывающей около 25% площади, расположенной южнее 60-й параллели, естественные ресурсы определяются в объеме 350 м³/с. Естественные ресурсы в предгорных зонах Западно-Сибирской области образуются в основном в водоносных комплексах олигоценовых, эоценовых и меловых отложений, выходящих здесь на дневную поверхность.

К центру бассейна эоценовые и меловые породы погружаются под толщу чеганских глин, и подземный сток формируется в четвертичных, неогеновых и олигоценовых породах.

Модуль среднегодового подземного стока постепенно увеличивается в направлении с юга на север от 0,1 до 4 л/с на 1 км², величина минимального среднегодового модуля увеличивается в том же направлении от 0,1 до 3 л/с на 1 км². Наименьшие значения модулей характерны для зоны недостаточного увлажнения юга, наибольшие — для зоны избыточного увлажнения центральной части области (Обь-Енисейское междуречье), севернее которой величины модуля подземного стока уменьшаются до 1,5 л/с на 1 км², а в Заполярье — до 0,5 л/с на 1 км².

Закономерное изменение модуля естественных ресурсов наблюдается и в направлении от водоразделов к долинам рек. На Тобол-Ишимском, Ишим-Иртышском междуречьях и на Приобском плато значения модуля подземного стока колеблются от менее 0,1 до 0,3 л/с на 1 км², на озерно-аллювиальной Кулундино-Предалтайской равнине модуль составляет 0,5—1 л/с на 1 км². В пределах широких долин крупных рек модуль изменяется от 0,3—0,5 (Тобол, Ишим) до 1,5 (Иртыш) и 3 л/с на 1 км² (Исеть, Уй, Пышма и др.).

Эксплуатационные ресурсы пресных и солоноватых подземных вод Западно-Сибирской гидрогеологической области оценены на наиболее изученной в гидрогеологическом отношении площади, расположенной южнее 60° с. ш. К северу от этой параллели территория области находится в зоне развития многолетнемерзлых пород мало обжитой и слабо изученной, поэтому оценка ресурсов подземных вод здесь в настоящее время не представляется возможной. По общим гидрогеологическим условиям на этой территории перспективными для водоснабжения являются надмерзлотные и межмерзлотные воды таликов под руслами рек и озерами. Значительные ресурсы образуются в таликах, связанных с поверхностными водами. По-видимому, в нижних течениях крупных рек (Обь, Пур, Таз, Енисей) отдельные участки богаты подземными водами. Подмерзлотные воды в мезо-кайнозойских отложениях в одних районах пригодны для водоснабжения, в других — имеют повышенную минерализацию.

Оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод проведена в южной группе артезианских бассейнов Западно-Сибирской гидрогеологической области — Тобольском, Среднеобском, Среднеенисейском, Иртышском, Верхнеобском — на площади около 1 млн. км² для основных водоносных горизонтов и комплексов, заключенных в четвертичных неогеновых, палеогеновых, меловых и юрских отложениях.

На этой территории естественные ресурсы равны примерно 1200 м³/с, а эксплуатационные ресурсы пресных и солоноватых подземных вод оценены в объеме 1300 м³/с. Из этого количества на долю пресных вод приходится 65%, с минерализацией до 3 г/л — 20%, от 3 до 10 г/л и больше — 15%.

Наибольшие эксплуатационные ресурсы подземных вод заключены в водоносных комплексах палеогеновых (380 м³/с) и в едином комплексе четвертично-палеогеново-меловых отложений (530 м³/с). В четвертичных и неогеновых породах ресурсы оценены соответственно в 180 и 110 м³/с, в меловых и юрских отложениях суммарно в количестве 90 м³/с (табл. 9).

Модули эксплуатационных ресурсов основных водоносных горизонтов изменяются от менее 0,1 до 7 л/с на 1 км². На преобладающей части оцененной площади артезианских бассейнов развиты преимущественно водоносные горизонты палеогеновых отложений, модули которых не превышают 2 л/с на 1 км², в юго-восточной части Среднеобского бассейна,

Ресурсы подземных вод Западно-Сибирской гидрогеологической области

Таблица 9

Водоносный горизонт, комплекс	Эксплуатационные ресурсы подземных вод, м³/с								Модули эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Утвержденные ГКЗ ТКЗ эксплуатационные запасы	
	Минерализация воды, г/л						Всего	Восполняемые		м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
	до 1	до 3	1—3	3—5	5—10	>10					
Четвертичных	80	80	10	10			180	85	0,2—10	2	1
Четвертичных и олигоценовых	150						150	30	1—5	2	1
Четвертичных, палеогеновых и меловых	360						360	60	2—7	1	0,4
Неогеновых	110						110	30	0,01—1,3	3	3
Верхнепалеогеновых	85	95	—	50		90	320	100	0,1—2	6	2
Среднепалеогеновых	5	25	20	10	20		60	10	0,1—0,5	2	3
Эоцен-меловых							20		0,1—1,5	3	13
Меловых	60	20					80	?	0,01—2,5	3	4
Юрских	10						10	3	0,5 (среднее)		
Всего	860	220	30	70	20	90	1290	320		23	2

Примечания: 1. Площадь оценки ресурсов области составляет 1000 тыс. км², естественные ресурсы равны 1200 м³/с. 2. Использование подземных вод по области составляет 40 м³/с, или 3% от эксплуатационных ресурсов.

где основные водоносные горизонты в кайнозойских и меловых породах гидравлически связаны между собой, величина модулей эксплуатационных ресурсов находится в пределах 1—7 л/с на 1 км².

Формирование эксплуатационных ресурсов в каждом из оцениваемых водоносных комплексов происходит по-разному. Ресурсы преимущественно безнапорных вод четвертичных и неогеновых образований формируются за счет осушения пласта и инфильтрации атмосферных осадков, при этом восполняемая часть составляет около половины эксплуатационных ресурсов. В палеогеновых породах эксплуатационные ресурсы формируются в процессе сработки естественных запасов (гравитационных и упругих), перетекания из вышележащих водоносных комплексов и в меньшей мере за счет естественных ресурсов: на восполняемые ресурсы приходится 20—25%. В меловых отложениях воды высоконапорные, в связи с чем основным источником формирования эксплуатационных ресурсов является сработка упругих запасов, а в краевых частях артезианских бассейнов — естественные ресурсы.

При оценке эксплуатационных ресурсов учитывалось 25% естественных ресурсов. При этом доля участия естественных ресурсов в формировании эксплуатационных ресурсов различных водоносных комплексов и артезианских бассейнов неодинаковая. Так, на севере и северо-востоке Среднеобского бассейна величина восполняемых ресурсов составляет 40—60% от эксплуатационных и соответствует 6—8% среднегодовой суммы атмосферных осадков.

В то же время восполнение эксплуатационных ресурсов подземных вод меловых отложений, залегающих ниже зоны активного водообмена, весьма приближенно оценивается 0,5—1% от атмосферных осадков для площади глубокого залегания пород северной части рассматриваемой территории и 6—7% — для восточной части, где инфильтрация происхо-

дят непосредственно в единый водоносный комплекс четвертично-палеогеново-меловых пород.

В пределах оцениваемой площади эксплуатационные ресурсы распределены неравномерно. Наиболее обеспечена ресурсами юго-восточная часть Западно-Сибирской области (Томская область, восточная часть Новосибирской области, юг Красноярского края), где основные водоносные горизонты приурочены к четвертичным, неогеновым, палеогеновым и меловым отложениям. Районы с ограниченными ресурсами подземных вод расположены на юге бассейна (Омская область, западная часть Новосибирской области, центральная часть Алтайского края, Северный Казахстан). Подземные воды этих районов, приуроченные к отложениям палеогена и мела, имеют преимущественно повышенную минерализацию.

В пределах Западно-Сибирской гидрогеологической области формируются главным образом два типа месторождений подземных вод: речных долин и артезианских бассейнов платформенного типа.

В долинах Оби и Иши водозаборы эксплуатируют водоносные горизонты четвертичных, неогеновых и палеогеновых пород, гидравлически взаимосвязанных, а верхние водоносные горизонты в четвертичных образованиях связаны с поверхностными водами. Формирование эксплуатационных ресурсов в этих условиях происходит в основном за счет речных вод.

В зоне, прилегающей к Уралу, водозаборы эксплуатируют водоносные горизонты эоценовых и меловых отложений, приуроченных к эрозионно-тектоническим депрессиям. Режим работы водозаборов здесь неустановившийся, но некоторые из них, размещенные на участках обводненных тектонических нарушений, действуют в условиях установившейся фильтрации. Производительность водозаборов не превышает 100 л/с и обеспечивается притоком воды, вызванным осушением грунтового потока и сработкой напора водоносных горизонтов, инфильтрацией атмосферных осадков, выпадающих в областях питания, подтоком трещинных вод со стороны Урала, перетеканием через перекрывающие относительные водоупоры и поступлением по тектоническим нарушениям.

Несмотря на значительные ресурсы подземных вод Западной Сибири использование их небольшое. Современный отбор пресных и солоноватых вод ориентировочно составляет 40 м³/с (3% от эксплуатационных ресурсов). В большей степени подземные воды эксплуатируются в Алтайском крае, Новосибирской, Свердловской и Челябинской областях. Полностью за счет подземных вод удовлетворяются нужды небольших городов и поселков с потребностью от 10 до 50 л/с и отдельных более крупных городов (Семипалатинск, Серов, Ирбит, Барнаул, Бийск и др.), где расход воды составляет от 0,3 до 1 м³/с.

Отбор подземных вод осуществляется в основном одиночными скважинами, реже групповыми водозаборами. Большее число водозаборов работает около 10 лет, а водозаборы в Семипалатинске и Славгороде — по 20—30 лет. Несмотря на достаточно продолжительный срок эксплуатации, наблюдения за режимом работы водозаборов не проводились, за небольшим исключением. В связи с этим анализ формирования эксплуатационных ресурсов в условиях существующего водоотбора, приведенный выше, основывается на данных ограниченного числа водозаборов.

Перспективная потребность в подземных водах городского населения на территории Западно-Сибирской гидрогеологической области удовлетворяется неравномерно. В ее восточной части подземные воды могут обеспечить с большим резервом перспективную потребность

народного хозяйства в воде. В зоне сочленения с Уральской складчатой областью потребность в воде в 1980 г. достигнет 60—70% от эксплуатационных ресурсов подземных вод и ряд городов на юге зоны окажется не обеспеченным подземными водами. На юге рассматриваемой области водоснабжение только г. Кустаная и небольших населенных пунктов может базироваться на подземных водах.

Недостаток ресурсов пресных подземных вод на юге Западной Сибири вызывает необходимость использования солоноватых и соленых вод после их опреснения. Наиболее перспективными для этой цели являются водоносные горизонты в отложениях палеогена и мела, из которых можно получить одиночными водозаборами до 1 л/с и групповыми — от 10 до 500 л/с. Суммарные эксплуатационные ресурсы вод с минерализацией 3—10 г/л оцениваются в объеме около 200 м³/с, из них почти три четверти заключены в олигоценовых отложениях.

Изученность ресурсов подземных вод по Западно-Сибирской гидрогеологической области низкая. Запасы, утвержденные ГКЗ и ТКЗ, составляют около 23 м³/с, что соответствует примерно 2% эксплуатационных ресурсов. По отдельным административным областям, полностью или частично входящим в пределы Западной Сибири, изученность колеблется от 0,4 до 21%. Наиболее исследованы ресурсы на территориях, входящих в Семипалатинскую (21%), Свердловскую и Курганскую (12%) области, меньше — в Новосибирскую, Тюменскую области, Алтайский и Красноярский края, Северный Казахстан (от 1 до 4%), еще меньше — в Омскую и Томскую области (0,4%) и совсем не изучены ресурсы на площади, принадлежащей Кемеровской области. Распределение утвержденных запасов по основным водоносным горизонтам приведено в табл. 9.

Перейдем к характеристике эксплуатационных ресурсов подземных вод основных водоносных горизонтов и комплексов.

Водоносный горизонт в четвертичных отложениях, имеющий наибольшее практическое значение, приурочен главным образом к аллювиальным образованиям речных долин и междуречья Обь — Иртыш. В восточной части Среднеобского бассейна аллювий нередко залегает на обводненных породах неогена и олигоцена, составляя с ними единую насыщенную водой толщу. Водоносный аллювий состоит из песков, местами гравелистых и с галькой, перекрытых суглинками и глинами. Мощность водоносного горизонта увеличивается от 10 м в равнинной части до 50 м и более в предгорьях. Воды аллювия обычно пресные, но в зоне континентального засоления минерализация увеличивается до 3 г/л и больше.

Водопроводимость речных отложений в долинах Тобола и Ишима не превышает 50 м²/сут, в долине Иртыша колеблется от 20 до 250 м²/сут, в верхнем и среднем течении Оби — от 30 до 350 м²/сут. Самая высокая водопроводимость, равная 500—1200 м²/сут, прослеживается на междуречье Бия — Катунь.

Модуль эксплуатационных ресурсов в аллювии до 1 л/с на 1 км² характерен для долин Тобола и Ишима, 1,5 л/с на 1 км² — для Иртыша, Оби, Алея, 3—4 л/с на 1 км² — для междуречья Бия — Катунь, до 10 л/с на 1 км² для долины Енисея.

Эксплуатационные ресурсы образуются главным образом за счет естественных ресурсов и осушения пласта. Естественные ресурсы в общем объеме эксплуатационных составляют от 40% (междуречье Бия — Катунь) до 80% (долины Тобола, Ишима). Модуль восполняемых ресурсов изменяется от 0,7 л/с на 1 км² в долинах Тобола, Ишима, до 1,5 л/с на 1 км² в долинах Оби, Алея и до 3 л/с на 1 км² на междуречье Бия — Катунь. Эти значения модуля восполнения соответствуют 1—8%

ежегодного количества осадков или величине, составляющей в среднем около 80% от величины среднегодового модуля подземного стока.

В процессе водоотбора из горизонта возможно увеличение эксплуатационных ресурсов за счет привлечения речных вод и уменьшения испарения, при региональной оценке эти дополнительные ресурсы не учитывались.

Эксплуатационные ресурсы вод аллювиального водоносного горизонта оценены в большинстве случаев совместно с нижележащими водоносными комплексами. Для аллювия как самостоятельного горизонта ресурсы оценены по небольшим участкам речных долин Тобола, Ишима, Иртыша и Оби в количестве 180 м³/с, из них почти половина является восполняемыми. Распределение ресурсов подземных вод с различной минерализацией приведено в табл. 9.

При эксплуатации вод четвертичных отложений производительность групповых водозаборов достигает 200 л/с и больше

Водоносный горизонт четвертичных отложений, составляющий с водосодержащими олигоценовыми породами единый водоносный комплекс, распространен на левобережье Оби. От нижележащих меловых обводненных пород этот комплекс отделен глинами, которые к востоку фациально замещаются песчаными породами и на междуречье Обь — Чулым и правобережье Чулыма образуется единая толща водоносных пород четвертичного, палеогенового и мелового возраста.

Подземные воды в этих комплексах заключены в песчаных, песчано-гравелистых и песчано-глинистых породах. На левобережье Оби мощность водонасыщенной толщи составляет 30—70 м, водопроводимость пород изменяется от 8 до 500 м²/сут. Модуль эксплуатационных ресурсов находится в пределах 1—5 л/с на 1 км², среднее значение его около 2 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод четвертичных и олигоценовых пород примерно составляют 150 м³/с, из них около 20% восполняемых. Восполняемая часть ресурсов составляет не менее 6—8% от атмосферных осадков или 30—40% от естественных ресурсов.

Единый водоносный комплекс четвертичных, палеогеновых и меловых пород на правобережье Оби имеет мощность от 60 до 150 м, водопроводимость его достигает 700—1000 м²/сут и более, уменьшаясь к периферии артезианского бассейна. Модуль эксплуатационных ресурсов изменяется от 2 до 7 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы пресных вод комплекса оцениваются приблизительно в 360 м³/с, из них 80—85% формируются за счет естественных запасов и только 15—20% за счет подземного стока. Восполняемые ресурсы не превышают 5—6% от общего количества атмосферных осадков.

Водоносный горизонт в неогеновых отложениях представляет практический интерес лишь в юго-восточной части Западно-Сибирской гидрогеологической области, на остальной территории он либо спорадически распространен, либо имеет повышенную минерализацию и используется для децентрализованного водоснабжения. В восточной части Иртышского и в Верхнеобском бассейнах в глинистой неогеновой толще прослеживается несколько водоносных горизонтов, приуроченных к прослоям и линзам тонко- и мелкозернистых песков, а вблизи Алтайских гор разнозернистых песков с гравием и галькой. Эти водоносные горизонты гидравлически связаны с вышележащими горизонтами четвертичных образований, а на севере Иртышского бассейна и с подстилающими отложениями в породах олигоцена. Минерализация вод в основном меньше 1 г/л, но на юго-западе площади развития горизонтов

достигает 9 г/л. Мощность водоносных горизонтов колеблется от 3 до 40 м. Воды преимущественно напорные.

Водопроводимость песков кочковской свиты вблизи областей питания достигает 630 м²/сут, на остальной территории изменяется в пределах 30—140 м²/сут. Модуль эксплуатационных ресурсов находится в пределах 0,01—1,3 л/с на 1 км². Образование эксплуатационных ресурсов происходит при сработке напора и частично за счет осушения пласта. Естественные ресурсы в формировании эксплуатационных участвуют лишь в первых от поверхности водоносных горизонтах. Общее количество эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод в неогеновых породах около 110 м³/с, в том числе 30 м³/с восполняемых.

Водоносный комплекс верхнепалеогеновых отложений как основной распространен к востоку от р. Тобола почти повсеместно, а к западу встречается на отдельных площадях (севернее р. Исети и в пределах Северного Казахстана). В краевых частях Тобольского, Иртышского и Среднеобского артезианских бассейнов отложения олигоцена выходят на поверхность земли. Восточнее р. Иртыша между водоносными породами вышележащими и олигоценовыми существует гидравлическая связь.

На значительной площади распространения водоносный комплекс залегает на региональном водоупоре — чеганских и меловых глинах, лишь на востоке Среднеобского и на западе Тобольского бассейнов региональный водоупор отсутствует. В Среднеобском бассейне водоносный комплекс олигоцена подстилается обводненными меловыми породами и образует с ними и четвертичными отложениями единую водонасыщенную толщу, охарактеризованную выше.

Подземные воды в олигоцене приурочены к пескам от мелко- до крупнозернистых, перемежающимся с алевритами, алевролитами и глинами, вблизи горного обрамления пески становятся гравелистыми и содержат гальку. Мощность комплекса изменяется от нескольких метров до 100 м, величина напора достигает 200—250 м.

По минерализации подземные воды пестрые. Пресные воды развиты у горного обрамления и северной границы Тобольского бассейна, на остальной территории воды солоноватые, с минерализацией от 1 до 10 г/л. В районе г. Омска выделяются участки с минерализацией воды больше 10 г/л, не рекомендуемые для использования.

Водопроводимость верхнепалеогеновых песков в Тобольском бассейне в среднем равна 10—70 м²/сут, в Иртышском увеличивается до 250—600 м²/сут, а в Среднеобском — до 900 м²/сут.

Модуль эксплуатационных ресурсов комплекса изменяется от величины меньше 0,1 до 2 л/с на 1 км². К западу от р. Иртыша преобладают значения модуля в пределах 0,1—0,5 л/с на 1 км², к востоку — 0,5—2 л/с на 1 км².

Формируются эксплуатационные ресурсы за счет сработки напора, осушения пласта, подземного стока и перетекания из вышележащих водоносных горизонтов. Восполняемые ресурсы на южных окраинах бассейнов составляют всего 10—20% от общих эксплуатационных, к северу и востоку от периферии достигают 60%.

Эксплуатационные ресурсы водоносного комплекса верхнепалеогеновых пород равны примерно 320 м³/с, в том числе 100 м³/с восполняемых ресурсов (см. табл. 9).

Эксплуатация водоносного комплекса может осуществляться водозаборами с производительностью от единиц литра в секунду до 100 л/с, на междуречье Бия — Катунь до 2 м³/с. На юго-западе, в пределах Северного Казахстана, выделяются небольшие участки, где практическое значение имеют пресные воды в песках олигоцена, выпол-

няющих древние погребенные долины (Лисоковская, Шиелинская, Кировская). Здесь производительность водозаборов может достигать 500 л/с.

Водоносный комплекс среднего палеогена распространен преимущественно в пределах Тобольского артезианского бассейна. Здесь в районе сочленения с Уралом отмечается тесная гидравлическая связь между водоносными горизонтами эоценовых и меловых отложений.

К востоку от Урала меловые отложения погружаются под более молодые образования, в связи с этим возрастает минерализация заключенных в них вод и основным водоносным горизонтом становится эоценовый. Подземные воды среднепалеогенового комплекса приурочены к опокам и песчаникам, которые по мере погружения в восточном направлении замещаются глинистыми водоупорными породами. В зоне, прилегающей к Уралу, и по долинам рек подземные воды имеют свободный уровень. С погружением пород воды становятся напорными, величина напора достигает 200 м.

Мощность опокового горизонта в речных долинах и на западной окраине бассейна изменяется от нескольких метров до 20 м, в центральных частях междуречий — от 30 до 70 м. Водопроводимость опок и песчаников эоцена в долинах рек достигает 500—700 м²/сут, на междуречьях — не более 20 м²/сут.

Единый водоносный комплекс в эоценовых опоках, песчаниках, меловых песчаниках и песках приурочен к западной границе бассейна и небольшим участкам у южной границы (правобережье Ишима), его мощность возрастает к востоку от нескольких метров до 200 м и больше. Водопроводимость пород неравномерная, она изменяется от единиц до 560 м²/сут, преобладают величины до 50 м²/сут. Наибольшая водопроводимость характерна для пород, выполняющих эрозионно-тектонические впадины у восточного склона Урала.

Минерализация подземных вод как в эоценовых, так и в эоцен-меловых породах преимущественно меньше 3 г/л, пресные воды встречаются на севере и западе Тобольского бассейна, солоноватые (3—10 г/л) преобладают на юге и востоке.

Оценка эксплуатационных ресурсов на юге Иртышского бассейна в пределах Северного Казахстана выполнена для вод с минерализацией до 10 г/л, на остальной территории — до 3 г/л. Модули эксплуатационных ресурсов водоносных эоценовых и эоцен-меловых отложений находятся в пределах 0,1—1,5 л/с на 1 км², увеличиваясь в направлении с юга на север. Значения модуля больше 0,5 л/с на 1 км² характерны для придолинных участков и эрозионно-тектонических депрессий, от 0,1 до 0,5 л/с на 1 км² — для междуречий. За счет сработки естественных запасов величина модуля изменяется в пределах 0,02—0,45 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы подземных вод в южной части бассейна формируются главным образом в процессе сработки естественных запасов, в центральной и северных частях больше половины ресурсов (60—70%) образуется за счет естественных ресурсов, которые учитывались в пределах 20—70% от среднегодового подземного стока. В процессе эксплуатации пополнение запасов подземных вод может происходить за счет притока поверхностных вод.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод эоценовых отложений в целом определены в количестве 60 м³/с, на площади выхода их на дневную поверхность — 20 м³/с. Восполняемая часть ресурсов около 10 м³/с (см. табл. 12).

Водозаборы вблизи Уральских гор могут иметь производительность от 50 до 100 л/с, восточнее и южнее этого района условия питания ухуд-

шаются и производительность водозаборов снижается до 5—10 л/с, лишь в долинах крупных рек, вскрывающих водоносные породы среднего палеогена, увеличивается восполнение ресурсов и производительность может достигать 50—100 л/с, а на севере описываемой территории — 300 л/с.

Водоносный комплекс меловых отложений имеет большое значение для водоснабжения в Тобольском, Иртышском, Среднеобском и Среднеенисейском артезианских бассейнах. В окраинных зонах бассейнов, где отсутствует региональная водоупорная кровля, водоносные горизонты меловых пород гидравлически связаны с водоносными комплексами палеогена вдоль Урала, комплексами палеогена и четвертичных отложений в Среднеобском бассейне. К центру Западно-Сибирской гидрогеологической области подземные воды меловых пород постепенно погружаются под мощные водоупоры, обусловливающие высокие напоры и затрудненные условия восполнения запасов, и становятся высокоминерализованными и непригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Ресурсы подземных вод меловых отложений изучены слабо. На юге Иртышского, юго-востоке Среднеобского и юге Среднеенисейского бассейнов водоносный комплекс имеет самостоятельное значение. Водовмещающими породами служат песчано-гравийно-галечные отложения, слабосцементированные песчаники. Мощность обводненной части пород изменяется в пределах 5—80 м, напоры воды достигают 150—200 м.

При погружении меловых пород в северном и северо-западном направлениях происходит изменение состава песков от гравелистых на юге до тонкозернистых глинистых на севере, увеличивается мощность водоносного комплекса до 200 м и более, растет величина напора, минерализация воды достигает 10 г/л.

Водопроводимость пород колеблется в пределах 40—200 м²/сут, наибольшее значение отмечается на правобережье Иртыша на юге Иртышского бассейна. Модуль эксплуатационных ресурсов увеличивается от 0,01—0,5 л/с на 1 км² в Иртышском до 0,5—2,5 л/с на 1 км² в Среднеобском и Среднеенисейском бассейнах.

Эксплуатационные ресурсы образуются в основном при сработке упругих запасов. Восполнение ресурсов при расчетах учтено только на территории Среднеобского и Среднеенисейского бассейнов, где условия питания водоносного комплекса наиболее благоприятны. На юге Иртышского бассейна питание атмосферными осадками с учетом испарения близко к нулю.

Эксплуатационные ресурсы вод самостоятельного водоносного комплекса меловых пород определены в объеме 80 м³/с, из них пресных вод — 60 м³/с, с минерализацией до 3 г/л — 20 м³/с. Сооружаемые водозаборы на данный водоносный комплекс могут иметь дебиты от 10 до 100 л/с.

Водоносный комплекс юрских пород выходит на дневную поверхность или залегает неглубоко на юго-востоке Среднеобского и на юге Среднеенисейского артезианских бассейнов. На остальной территории Западной Сибири воды залегают на большой глубине, увеличивающейся к центру бассейна до 2500 м.

Водоносные горизонты в песчаниках, углях, алевролитах имеют мощность 10—85 м и напор от 10 до 125 м и больше. До глубины 200—300 м воды пресные. Средние значения водопроводимости пород составляют 55 м²/сут, модулей эксплуатационных ресурсов — 0,5 л/с на 1 км². Эксплуатационные ресурсы около 10 м³/с, на восполняемую часть приходится 30—40%. В процессе отбора воды ресурсы образуются в резуль-

тате сработки напора, частично осушения пласта и за счет естественных ресурсов. Возможная производительность водозаборов не превышает 50 л/с.

Восточно-Сибирская гидрогеологическая область

Отличительной особенностью почти всей территории Восточно-Сибирской артезианской платформенной области, за исключением ее южной части, является повсеместное развитие многолетнемерзлых пород. В результате мерзлотных явлений пресные подземные воды на большей части территории находятся в твердой фазе.

Естественные ресурсы пресных подземных вод оценены только для южной части области (юг Тунгусского и Якутского артезианских бассейнов, Ангаро-Ленский артезианский бассейн) и Алданского бассейна трещинных вод.

По Котуйскому, Нижне-Оленекскому, Хатангскому, Оленекскому северным частям Тунгусского и Якутского артезианских бассейнов, Анабарскому бассейну трещинных вод отсутствуют данные даже для ориентировочного определения величины подземного стока. Мощность многолетнемерзлых пород достигает 500 м и более; подмерзлотные воды минерализованы. Пресные подземные воды в жидкой фазе встречаются круглогодично лишь по локальным талым зонам в долинах рек и под озерами. Общая величина естественных ресурсов южной части Восточно-Сибирской гидрогеологической области составляет ориентировочно 4000 м³/с.

В южной части Тунгусского артезианского бассейна в области развития карбонатно-терригенных пород распространены пресные воды, модули подземного стока оцениваются величиной порядка 0,5—1 л/с на 1 км²; естественные ресурсы составляют приближенно 700 м³/с.

В Якутском артезианском бассейне ресурсы пресных подземных вод сосредоточены также в основном на юге, что связано с наличием на Алданском крыле бассейна карстового плато и уменьшением мощности мерзлой толщи. Естественные ресурсы пресных подземных вод бассейна ориентировочно оцениваются в 500—600 м³/с.

Алданский бассейн трещинных вод сложен дислоцированными породами архея и протерозоя, которые перекрыты в местах прогибов фундамента терригенно-карбонатными отложениями нижнего кембрия и юры, содержащими трещинные, пластово-трещинные и карстово-пластовые воды; обширные площади занимают окна талых пород.

Среднегодовые модули подземного стока в области распространения кристаллических и метаморфических пород докембрия достигают 2—3 л/с на 1 км² (бассейны рек Олекмы, Алдана, Тимптона и др.). Такие же значения модуля характерны и для терригенных юрских и закарстованных карбонатных пород нижнего кембрия. Разгрузка подземных вод по тектоническим нарушениям в виде наледного стока достигает 30—40% от величины общего стока. Суммарные дебиты групп родников достигают 100 л/с; Тимптонские родники имеют уникальный суммарный дебит, равный 6 м³/с. Общая величина естественных ресурсов подземных вод Алданского щита около 600 м³/с.

Эксплуатационные ресурсы из-за крайне слабой изученности территории Восточно-Сибирской области оценены только для Ангаро-Ленского артезианского бассейна.

На большей части территории Восточно-Сибирской артезианской области в зоне сплошного развития многолетнемерзлых пород практическое значение для крупного централизованного водоснабжения имеют только подрусловые талые зоны в долинах рек; небольшие потребности

в воде мелких потребителей могут быть удовлетворены также за счет эксплуатации подозерных и подаласных талых зон.

Талики имеют очень ограниченное распространение. Достаточно отметить, что коэффициент таликовости (отношение площади поверхности таликов к площади поверхности их развития, однообразной в литолого-генетическом плане) в центральной части Якутского артезианского бассейна (на террасах долины Лены) не превышает 1—2%.

В равнинных районах, характеризующихся малой проницаемостью аллювиальных отложений, под руслами рек и под озерами талые зоны развиты в основном в пределах границ русла или озера. Ввиду наличия суглинистых прослоев, тонкозернистости водовмещающих отложений под озерами и застойного характера режима водоотбор из подозерных таликов возможен лишь в объеме нескольких литров в секунду, причем воды обогащены железом, часто загрязнены.

При большей мощности выполняющих долину отложений и хороших их фильтрационных свойствах (коэффициент фильтрации более 25—30 м/сут) даже при полном промерзании реки в зимний период осушенная емкость летом полностью восполняется за счет аккумуляции поверхностного стока. Такие условия характерны для ряда речных долин, выполненных мощной толщей аллювиально-ледниковых валунно-галечных отложений в предгорных районах. В настоящее время в районе г. Норильска в долинах рек Талнах и Ергалах разведаны, оценены и эксплуатируются запасы в количестве 2,5 м³/с.

Подземные воды Талнахского месторождения приурочены к древнеаллювиальной долине, выполненной валунно-галечниковыми отложениями с гравийно-песчаным, реже супесчаным заполнителем. Мощность отложений от 2—5 м на бортах до 80 м и более в центре долины. Эксплуатационные запасы обеспечиваются лишь в малой степени сработкой естественных запасов, главной их составляющей являются привлекаемые поверхностные воды в летний период, восполняющие запасы осушенной части водоносного горизонта, что возможно только на участках сквозных таликов. Ниже приводится описание Ангаро-Ленского артезианского бассейна — наиболее хорошо изученной части Восточно-Сибирской гидрогеологической области.

Средние значения минимальных модулей подземного стока Ангаро-Ленского артезианского бассейна изменяются в интервале от 0,5 до 1,5 л/с на 1 км². Общие естественные ресурсы бассейна находятся в пределах 500—700 м³/с.

Для южной и юго-западной частей бассейна на площади 230 тыс. км² оценка эксплуатационных ресурсов выполнена гидродинамическим методом; на остальной же площади (135 тыс. км²), менее изученной, подсчет произведен по минимальному модулю подземного стока, т. е. к эксплуатационным ресурсам отнесены минимальные естественные ресурсы.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод всего бассейна в целом ориентировочно равны 400 м³/с при модуле эксплуатационных ресурсов в южной и юго-западной частях его, равном 0,9 л/с на 1 км², на остальной территории — 1,4 л/с на 1 км².

Современное использование подземных вод очень невелико, общий водоотбор не превышает 2 м³/с, причем эксплуатируются пресные подземные воды преимущественно для сельскохозяйственного водоснабжения, а питьевое водоснабжение городов базируется в основном на использовании поверхностных вод, лишь в последние годы для этих целей все более широко начинают привлекаться подземные воды. Основную роль в водоснабжении городов имеют водозаборы инфильтрационного типа, использующие привлекаемые ресурсы рек. Эксплуата-

ционные ресурсы речных долин характеризуются линейными модулями, которые изменяются от 200 до 2000 л/с и более с 1 км длины берега реки и практически целиком обеспечиваются привлекаемыми поверхностными водами.

Утвержденные ГКЗ запасы суммарно по всем разведанным в пределах бассейна участкам составляют 11 м³/с, из них около 7 м³/с приурочены к аллювиальным отложениям речных долин.

Эксплуатационные ресурсы, как отмечено выше, определялись гидродинамическим методом раздельно для основных водоносных комплексов только по южной — наиболее изученной части бассейна (табл. 10). В целом расчетные ресурсы на этой территории бассейна

Таблица 10

Ресурсы подземных вод Ангаро-Ленского артезианского бассейна (южная часть)

Водоносный горизонт, комплекс	Площадь оценки ресурсов, тыс. км²	Эксплуатационные ресурсы подземных вод, м³/сут	Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с·км²	Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ и ТКЗ запасы подземных вод	
				м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
Водоносные комплексы неогеновых, силурийских, протерозойских, архейских отложений	20	10	0,08—0,8				
Водоносный комплекс юрских отложений	35	30	0,3—3	0,6—0,7	1—2	0,3	1
Водоносный комплекс ордовикских отложений	80	110	1,0	0,8—1,0	1	3	3
Водоносный комплекс ордовикско-кембрийских отложений	25	30	0,2—0,7	0,2—0,3	1	1	3
Водоносный комплекс кембрийских отложений	70	30	0,1—1				
Всего	230	210	0,9	2	1	4	2

Примечание. Естественные ресурсы южной части бассейна равны 200—250 м³/с, восполняемая часть эксплуатационных ресурсов составляет примерно 10% от естественных.

равны 210 м³/с, из них около 110 м³/с приурочено к отложениям ордовика, 30 м³/с — к отложениям верхнего и среднего кембрия, 30 м³/с — к комплексу ордовикских и кембрийских отложений и 30 м³/с — к отложениям юры. Около 10 м³/с приходится на отложения неогена, силура, архея и протерозоя. Эти отложения в основном мало водообильны и их роль даже в перспективном водоснабжении окажется незначительной. В связи с этим ниже дается характеристика лишь основных водоносных горизонтов и комплексов.

Юрский водоносный комплекс распространен преимущественно в Иркутском и Канском артезианских бассейнах второго порядка. Отложения юры представлены глинистыми песчаниками, трещиноватыми углями и алевролитами и подчиненными им трещиноватыми гравелитами и конгломератами. Эти породы чередуются с невыдержанными по площади и в разрезе водоупорными аргиллитами и слабопроницаемыми монолитными алевролитами. Отдельные водонос-

ные слои юрских отложений гидравлически взаимосвязаны и образуют достаточно сложную водоносную систему.

В платформенной части Иркутского артезианского бассейна максимальная мощность пород юры не превышает 50—100 м; они содержат безнапорные и слабонапорные воды, коэффициент водопроводимости их изменяется в диапазоне 5—50 м²/сут. Эксплуатационные ресурсы юрских отложений здесь невелики, модули эксплуатационных ресурсов не превышают 0,1—0,3 л/с на 1 км².

В субгеосинклинальной части Иркутского бассейна мощность юрских отложений возрастает до 600 м; напоры воды достигают 300 м и более; коэффициент водопроводимости увеличивается до 500 м²/сут. Величина модуля эксплуатационных ресурсов достигает 2—3 л/с на 1 км². Весьма перспективна разведанная при поисках источников водоснабжения г. Иркутска присаянская свита, представленная обводненными слабосцементированными песчаниками мощностью до 150 м. Дебиты скважин, вскрывших отложения этой свиты, достигали 65 л/с при понижениях уровня воды всего лишь в пределах 1—5 м.

По химическому составу воды юрских отложений в субгеосинклинальной части Иркутского бассейна имеют преимущественно минерализацию, равную 0,3—0,5 г/л, однако весьма часто на общем фоне пресных вод встречаются воды с минерализацией до 3 г/л и более, что связано с подтоком минерализованных вод из кембрийских отложений по тектоническим нарушениям.

В Канском артезианском бассейне юрские отложения имеют небольшую водообильность из-за преимущественного распространения глинистых разностей пород в разрезе толщи; здесь ресурсы пресных вод незначительны.

В настоящее время юрский водоносный комплекс эксплуатируется разрозненными по территории эксплуатационными скважинами (около 1000) для сельскохозяйственного водоснабжения с суммарным водоотбором около 0,6—0,7 м³/с, т. е. эксплуатационные ресурсы комплекса используются на 2%. Возможные дебиты групповых водозаборов в наиболее перспективной области развития юрских водоносных отложений достигают 0,1 м³/с.

В ГКЗ эксплуатационные запасы вод юрских песчаников и алевролитов в количестве 0,26 м³/с утверждены только по одному участку в долине р. Ушаковки для водоснабжения г. Иркутска.

Водоносный комплекс отложений ордовика используется для водоснабжения городов Железногорска, Братска, Усть-Кутска, однако по площади изучен весьма слабо. Водосодержащими являются трещиноватые песчаники и алевролиты. Зона наибольшей водообильности имеет мощность около двух-трех десятков метров; водопроводимость пород достигает 1000—1500 м²/сут при среднем значении около 200—300 м²/сут. Пресные воды в породах ордовика развиты выше базиса эрозии, ниже уреза рек минерализация вод увеличивается до 1—6 г/л и более.

Модуль эксплуатационных ресурсов для большей части площади развития ордовикских отложений не превышает 1 л/с на 1 км².

Современный водоотбор составляет 0,8—1 м³/с, т. е. эксплуатационные ресурсы используются менее чем на 1%. Наиболее крупный действующий водозабор, расположенный в пос. Чекановском (эксплуатируется водоносный горизонт в песчаниках ордовика), состоит из восьми скважин с суммарной производительностью 0,3 м³/с.

Утвержденные ГКЗ общие эксплуатационные запасы, приуроченные к отложениям ордовика и обеспеченные за счет привлечения поверхностных вод, составляют около 3 м³/с; на базе этих запасов проек-

тируется удовлетворение перспективной потребности городов Братска и Тайшета.

Водоносные комплексы ордовикско-кембрийских отложений занимают обширную территорию и представлены песчаниками, алевролитами, водоупорными аргиллитами и глинами. Данных для достаточно достоверной характеристики развития этих комплексов по площади, их водообильности и мощности водообильной трещиноватой зоны недостаточно. При расчетах эксплуатационных ресурсов этих комплексов значения коэффициента водопроводимости принимались равными в среднем около 150 м²/сут, при этом расчетные модули эксплуатационных ресурсов составили около 0,2—0,7 л/с на 1 км².

Потребление пресных подземных вод этих горизонтов не превышает 0,2—0,3 м³/с. Наибольшее количество воды (0,1 м³/с) из трещиноватых песчаников и известняков кембрия отбирается горизонтальной дреной в г. Железногорске. Общие утвержденные запасы подземных вод, приуроченных к трещиноватым породам кембрия, составляют 1 м³/с, причем основное их количество (0,8 м³/с) разведано в долине р. Орхи для водоснабжения г. Шелехово, где проектируется сооружение инфильтрационного водозабора.

Основным источником восполнения запасов рассмотренных водоносных комплексов в Ангаро-Ленском артезианском бассейне является инфильтрация атмосферных осадков, которая происходит в сравнительно короткий летний период. При концентрированном водоотборе эксплуатационные запасы обеспечиваются главным образом за счет сработки упругих запасов, которые из-за малых величин напоров для обеспечения крупного водоотбора потребуют рассредоточения сети водозаборных скважин, что в большинстве случаев явно нерентабельно. В связи с этим наиболее рационально для водоснабжения использование привлекаемых ресурсов, поверхностных вод, тем более, что все города в пределах бассейна расположены по берегам крупных рек.

* * *

Итак, проведенный обзор общих условий распространения эксплуатационных ресурсов в пределах Восточно-Сибирской гидрогеологической платформенной области показывает, что удовлетворение текущей и перспективной потребности в пределах Ангаро-Ленского артезианского бассейна не вызывает особых трудностей. Более сложной является проблема водообеспечения потребителей, расположенных в области развития многолетнемерзлых пород. Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод здесь пока не оценены, а их разведка находится в начальной стадии. Очевидно, что месторождения подземных вод типа Талнахского и Ергалахского относительно редки. Вполне вероятно, что для районов развития многолетнемерзлых пород в будущем широкое распространение получит искусственное формирование запасов пресных подземных вод.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СКЛАДЧАТЫЕ ОБЛАСТИ

Карпатско-Крымско-Кавказская гидрогеологическая складчатая область

Рассматриваемая область характеризуется исключительным разнообразием природных условий. Естественные ресурсы подземных вод подсчитаны для всей территории области и составляют около 1900 м³/с, почти 70% этих ресурсов сосредоточено в горных районах. Эксплуатационные ресурсы области оцениваются в 520—530 м³/с, в том числе

380 м³/с восполняемых. Суммарный водоотбор составляет около 130 м³/с, а утвержденные в ГКЗ и ТКЗ запасы по сумме всех категорий — около 200 м³/с.

Эксплуатационные ресурсы по площади распределены весьма неравномерно. Наибольшие эксплуатационные ресурсы формируются в пределах артезианских бассейнов межгорных и предгорных впадин и конусов выноса предгорных равнин, меньшими ресурсами характеризуются артезианские бассейны платформенного типа. В собственно горных районах наиболее водообильные участки приурочены к закарстованным известнякам и молодым лавам. В отдельных районах большое значение имеют подземные воды аллювиальных отложений речных долин.

В целом для большего числа городов (даже очень крупных) подземные воды являются надежным источником водоснабжения. Однако в ряде районов (Ростовская область, район Кавказских минеральных вод, Черноморское побережье Краснодарского края, Приазовье, Керченский полуостров, Восточный Азербайджан, Каспийское побережье Дагестана) вопросы водоснабжения должны решаться путем привлечения подземных вод из других районов Карпатской и Крымско-Кавказской складчатой области.

Описание области дается по двум гидрогеологическим районам первого порядка: Крымско-Кавказскому и Карпатскому. Первый район в свою очередь подразделяется на два района второго порядка: Кавказский и Крымский.

Кавказская часть складчатой области

На территории кавказской части гидрогеологической области выделяются горно-складчатые сооружения Большого и Малого Кавказа, представляющие собой бассейны трещинных, трещинно-пластовых, трещинно-карстовых вод и трещинно-жильных вод зон тектонических нарушений и контактов. К межгорным и предгорным зонам приурочены артезианские бассейны и системы конусов выноса.

В целом по кавказской части складчатой области эксплуатационные ресурсы оценены в количестве около 500 м³/с, из них 350 м³/с приходится на восполняемые. Родниковый сток в качестве эксплуатационных ресурсов учтен только по территории Армении, а ресурсы подземных вод речных долин на южном склоне Большого Кавказа учтены только в размере утвержденных запасов. В целом эксплуатационные ресурсы горных районов и речных долин в пределах рассматриваемой части области значительно превосходят приведенные величины.

Наиболее богаты эксплуатационными ресурсами артезианские бассейны складчатых областей (Араратский, Алазань-Агричайский, Куринский и др.) и системы конусов выноса предгорных шлейфов (Кусарская равнина). Эксплуатационные запасы месторождений этих двух типов составляют 360 м³/с, около 80 м³/с приходится на артезианские бассейны платформенного типа (Азово-Кубанский и Восточно-Предкавказский).

По условиям формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод в пределах кавказской части складчатой области можно выделить следующие крупные зоны: Предкавказскую, горных хребтов Большого и Малого Кавказа, Закавказскую межгорную зону; характеристика ресурсов подземных вод этих зон приведена в табл. 11.

Предкавказская зона включает два крупных артезианских бассейна платформенного типа: Азово-Кубанский и Восточно-Предкавказский (Терско-Кумский) и разделяющее их Ставропольское подня-

Ресурсы подземных вод кавказской части Карпатско-Крымско-Кавказской гидрогеологической складчатой области

Таблица 11

Район (возраст водовмещающих пород)	Площадь оценки ресурсов, тыс. км²	Ресурсы подземных вод					Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ, ТКЗ эксплуатационные запасы	
		Естественные	Эксплуатационные			Возобновляемые		м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
			минерализация воды, г/л								
			до 1	1–3	всего						
Предкавказская зона											
Азово-Кубанский артезианский бассейн (четвертичный и неогеновый)	68	70	28–30	12–15	40–45	12–14	0,1–2	14–15	35	14,5	30
Восточно-Предкавказский артезианский бассейн (четвертичный, неогеновый)	6,75	70	25–28	10–12	35–40	6–7	0,5–0,6 (среднее)	5–6	15	1,0	3
Горные хребты											
Большой Кавказ (юрский, меловой)		960									
Малый Кавказ (четвертичные лавы)		300	46		46	46		10–12		8,5	—
Предгорья Кавказа											
Владикавказская долина (четвертичный)	1,6	23	30		30	23	20 (среднее)	1,0	3	7	23
Кабардинская равнина (четвертичный)	1,8	60	60		60	60	32	1,3	2	7	12
Сунженская долина (четвертичный, неогеновый + палеогеновый)	3,4	4	20–25*		20–25*	15–20	6–7 (среднее)	2	10	11	50
Восточный склон Кавказа Буйнакский, Катынкаусский, Дербентский артезианские бассейны (миоценовый)	1,2		1		1	0,8	0,8 (среднее)	0,2	20	0,2	20
Конусы выноса Кусарской равнины (четвертичный, неогеновый)	2,6	33	40		40	33	15 (среднее)	20	50	25	62
Южный склон Кавказа, речные долины Черноморского побережья (четвертичный)			8,5**		8,5**			2	—	8,5	—
Закавказская межгорная зона											
Восточно-Черноморский артезианский бассейн (четвертичный)	2,6	30–40	20		20	15–16	до 10	0,8	5	—	—
Алазань-Агричайский артезианский бассейн (четвертичный, неогеновый)	5,2	35–40	37		37	20–25	4–8 (среднее)	10–12	30	37	100
Куринский артезианский бассейн (четвертичный, неогеновый)	12,3	40	49	10; 6 (3–10 г/л)	65	40	2–7	25	37	17	26
Ленкоранский артезианский бассейн (четвертичный)	2,1	6,5	10		10	6,5	3	0,5	5	—	—
Араратский артезианский бассейн (четвертичный)	1,25	46	50		50	46	40	15	30	37	74
Малые артезианские бассейны: конусы выноса (Тирифонский, Мухранский, Иорский, Ширакский, Мазинский и др.)			20		20	14		6	30	9	45
Всего	307	1700	460	40	500	350		120		185	37

* С учетом привлекаемых ресурсов речных долин.
** Учтены только эксплуатационные запасы, утвержденные ГКЗ и ТКЗ.

тие, западный и восточный склоны которого являются областями питания указанных бассейнов. Основные водоносные горизонты в пределах Азово-Кубанского и Восточно-Предкавказского бассейнов приурочены главным образом к песчаным прослоям мощной песчано-глинистой толщи четвертичного и неогенового возраста. Общая мощность толщи 700—800 м. Оценка эксплуатационных ресурсов приведена только для хорошо разведанной части водоносных слоев до глубин, не превышающих 250—350 м.

В различных частях рассматриваемых бассейнов наибольшее значение для эксплуатации имеют прослои, приуроченные к различным горизонтам четвертичного и неогенового возраста.

Все оцениваемые горизонты напорные. Мощность отдельных водоносных прослоев колеблется от 20 до 30 м. Водопроводимость изменяется в широких пределах, в среднем составляя по Азово-Кубанскому бассейну 150—250 м²/сут, а по Восточно-Предкавказскому — 50—150 м²/сут.

В долинах рек Кубани, Дона, Маныча и других самостоятельное значение имеют подземные воды четвертичных аллювиальных отложений, представленных гравийно-галечниковыми и песчаными образованиями.

На территории Ставропольского поднятия (за исключением периферических частей артезианских бассейнов) основной водоносный горизонт приурочен к мелкозернистым пескам и прослоям песчаников и известняков сарматского яруса неогена. Коэффициенты водопроводимости этого горизонта в среднем составляют 70—80 м²/сут.

Общие естественные ресурсы подземных вод всех напорных горизонтов как по Азово-Кубанскому, так и по Восточно-Предкавказскому артезианским бассейнам составляют около 70 м³/с в каждом.

При региональной оценке эксплуатационных ресурсов учитывались естественные ресурсы только оцениваемых водоносных прослоев. Они рассчитывались по величине инфильтрации атмосферных осадков в области питания и суммарному родниковому стоку в пределах Ставропольской возвышенности и были приняты равными 12—14 м³/с для Азово-Кубанского и около 6—7 м³/с для Восточно-Предкавказского бассейнов. Таким образом, коэффициент использования естественных ресурсов составляет 0,1—0,20 (см. табл. 11).

Подсчитанные эксплуатационные ресурсы в основном формируются за счет сработки естественных запасов водоносных прослоев, залегающих на глубине до 100 м (65% в Азово-Кубанском и 80—85% в Восточно-Предкавказском бассейнах). Для водозаборов, расположенных в долинах рек, главным образом Кубани, существенным источником формирования эксплуатационных ресурсов может служить привлекаемый поверхностный сток, однако этот источник при оценке эксплуатационных ресурсов не учитывался. В то же время привлечение поверхностного стока может существенно повысить эксплуатационные запасы подземных вод на отдельных участках, причем не только четвертичного горизонта, непосредственно связанного с реками, но и нижележащих водоносных прослоев неогена, что объясняется невыдержанностью разделяющих глинистых прослоев и перетеканием подземных вод при эксплуатации из горизонтов четвертичного возраста в неогеновые. Это положение хорошо иллюстрируется фактическими данными эксплуатации подземных вод четвертичного и неогенового горизонтов на одном крупном водозаборе, расположенном в юго-западной части Азово-Кубанского бассейна, в долине р. Кубани.

Эксплуатация четвертичного горизонта происходит при практически стабильном режиме фильтрации, что объясняется тесной гидравлической связью между водоносным горизонтом и поверхностными водами р. Ку-

бани. Водоотбор из нижележащего апшеронского горизонта происходит при неустановившемся режиме, но темпы сработки уровня характеризуются значительно меньшими величинами, чем это можно было ожидать, исходя из предпосылки отсутствия взаимосвязи с вышележащим горизонтом. Это, несомненно, объясняется перетеканием воды в неогеновый горизонт из четвертичного, который в свою очередь питается поверхностными водами. Перетекание приводит к локализации воронок депрессии, что отчетливо видно при сравнении данных по эксплуатации апшеронского и киммерийского горизонтов. Последний залегает на глубине 600—700 м и отделен от вышележащих мощной (240—280 м) толщей глин. Эксплуатация этого горизонта происходит при резко неустановившемся режиме. Несмотря на то что водоотбор из апшеронского горизонта почти в пять раз превышает водоотбор из киммерийского, они имеют близкие величины понижений уровня, а радиус депрессии в апшеронском горизонте составляет 20 км, в то время как в киммерийском он не менее 80—100 км. Это связано с тем, что единственным источником формирования эксплуатационных ресурсов киммерийского горизонта являются упругие запасы.

Анализируя закономерности распределения эксплуатационных ресурсов подземных вод Предкавказской зоны по площади, следует отметить, что наилучшими условиями характеризуются большая центральная часть Азово-Кубанского и западная и юго-восточная части Восточно-Предкавказского бассейнов, где модули эксплуатационных ресурсов пресных и слабосолоноватых вод изменяются от 0,5 до 2 л/с на 1 км², а для побережья Азовского и Каспийского морей, северо-востока и востока Азово-Кубанского бассейна и района Ставропольского поднятия характерны минимальные значения, не превышающие 0,1 л/с на 1 км². На большей части рассматриваемой территории оцениваемые водоносные горизонты содержат пресную воду. На северной и восточной окраинах Азово-Кубанского бассейна, в западной и северной частях Восточно-Предкавказского бассейна основные водоносные горизонты содержат слабосолоноватые воды с минерализацией от 1 до 3 г/л (см. табл. 11). Кроме того, по данным М. Р. Никитина (Никитин, Цыганова 1972), в рассматриваемом районе формируются эксплуатационные ресурсы сильносолоноватых и соленых вод в количестве 20—40 м³/с.

В настоящее время подземные воды четвертичных и неогеновых отложений широко используются для водоснабжения городов и поселков, главным образом на территории Азово-Кубанского бассейна (см. табл. 11). Здесь имеются крупные водозаборы, производительность которых составляет 200—300 л/с, достигая в отдельных случаях 2—3 м³/с. По существу перспективная потребность подавляющего числа городов Краснодарского края в пределах Азово-Кубанского артезианского бассейна может быть удовлетворена за счет подземных вод. Значительно худшими условиями характеризуется северо-западная часть Азово-Кубанского бассейна (в пределах Ростовской области). Здесь водоснабжение таких крупных городов, как Ростов и Таганрог, базируется главным образом на поверхностных водах. Перспективные потребности этих городов могут быть удовлетворены только за счет поверхностных вод или подачи подземных вод из других бассейнов.

Значительно меньше используются подземные воды в районе Ставропольского поднятия и Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (см. табл. 11), дебиты отдельных водозаборов не превышают 100—150 л/с. Возможные дебиты в районе Ставропольского поднятия и большей части Восточно-Предкавказского бассейна не превышают 50—100 л/с. Исключение составляет юго-восточная часть бассейна, где мощность водозаборов может быть увеличена до 500 л/с и более. Пер-

спективная потребность большего числа городов, расположенных на территории бассейна, может быть удовлетворена за счет подземных вод. В то же время водоснабжение городов и населенных пунктов, находящихся в пределах Ставропольского поднятия (Ставрополь и др.), не может быть обеспечено путем привлечения местных ресурсов подземных вод. В настоящее время здесь для водоснабжения используются поверхностные воды.

Степень изученности эксплуатационных ресурсов подземных вод неравномерная. Более исследованы районы наибольшего водопотребления (Азово-Кубанский артезианский бассейн) в пределах Краснодарского края (см. табл. 11).

Горные хребты Большого и Малого Кавказа. Горно-складчатые сооружения Большого и Малого Кавказа представляют собой преимущественно бассейны трещинных вод зоны выветривания, трещинно-пластовых, карстовых и жильных вод зон тектонических нарушений и контактов.

В пределах горной части Большого и Малого Кавказа формируются очень большие естественные ресурсы подземных вод. Так, общие естественные ресурсы пресных подземных вод Большого Кавказа составляют около 960 м³/с, а Малого Кавказа около 300 м³/с. Эксплуатационные ресурсы определены только для территории Армянской ССР (Малый Кавказ) по суммарному дебиту наиболее крупных родников (в основном более 10 л/с) грунтовых вод лавовых потоков, составляющему 46 м³/с.

В целом в пределах рассматриваемой горной части Кавказа можно выделить три группы районов по степени обводненности. К наиболее водообильным относятся районы распространения карбонатных, частично закарстованных пород, а также упоминавшихся выше молодых лавовых потоков.

В этих районах развиты родники с дебитами, превышающими 10 л/с. В пределах Большого Кавказа к таким районам относятся площади развития карбонатных пород преимущественно юрских и меловых отложений южного склона Большого Кавказа (главным образом в западной части Грузинской ССР), северного моноклинального склона, отдельные участки, сложенные известняками, в складчатой зоне Дагестана. Дебиты отдельных родников, выходящих из меловых и юрских закарстованных пород в этих районах составляют 200—300 л/с и более, модули естественных ресурсов достигают 20 л/с на 1 км².

В горной части Малого Кавказа наибольшая водообильность связана с молодыми лавовыми покровами четвертичного и миоцен-плиоценового возраста на площади Алхалакского щита и центрального вулканического нагорья Армении. Наиболее крупные естественные ресурсы приурочены к четвертичным лавам. Здесь дебиты отдельных родников достигают нескольких кубических метров в секунду (Данбашские источники в Грузии с дебитом 4 м³/, Ярпузлу-Карчахлюрские и Чахрлу-Акунские родники в Армении с расходом соответственно 1,5 и 2,3 м³/с). Модули естественных ресурсов в этих районах достигают 10 л/с на 1 км².

Остальная территория горной области отнесена к районам распространения родников с дебитом от 1 до 10 л/с.

Общий учтенный родниковый сток в горной части Кавказа оценивается в 100—110 м³/с, примерно в равных частях, приходящихся на Большой и Малый Кавказ.

Использование подземных вод в горном районе происходит путем каптажа отдельных родников. Общий отбор подземных вод из родников с их последующим использованием составляет около 10—12 м³/с, причем большая часть приходится на территорию Армянской ССР, где подземные воды родников используются и для водоснабжения ряда крупных

городов. Утвержденные запасы по родникам в горных районах составляют около 8,5 м³/с (родниковый сток утвержден только в Армянской ССР).

К зоне горных хребтов Большого Кавказа условно отнесена также площадь предгорий Кавказа, где развиты четвертичные, неогеновые и палеогеновые отложения Владикавказской долины (Северная Осетия), Сунженской долины (Чечено-Ингушетия) и Кабардино-Балкарской равнины (Кабардино-Балкария).

Четвертичные отложения Владикавказской долины представлены в основном валунно-галечниковыми образованиями, к ним приурочен водоносный горизонт мощностью от 50 до 100 м. Водопроводимость валунно-галечниковых отложений изменяется в широких пределах, составляя преимущественно 300—500 м²/сут. Водозаборы расположены главным образом в долинах рек; основными источниками формирования запасов являются естественные ресурсы подземных вод, разгрузка которых в ненарушенных условиях происходит в речную сеть, и привлекаемый транзитный поверхностный сток. Величины ресурсов подземных вод Владикавказской долины, их использование и утвержденные запасы даны в табл. 11.

Оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод четвертичных валунно-галечниковых отложений Кабардинской равнины, мощность которых достигает нескольких сотен метров, была проведена только по модулю родникового стока. Родниковый сток на территории равнины, к которому были приравнены эксплуатационные ресурсы, составляет 60 м³/с при модуле 32 л/с на 1 км². Как показала разведка подземных вод отдельных месторождений в пределах Кабардинской равнины, а также опыт эксплуатации отдельных водозаборов, существенным источником формирования эксплуатационных ресурсов в этом районе могут служить также естественные запасы подземных вод.

На территории Сунженской долины оценивались подземные воды, заключенные в песчано-гравийно-галечниковых отложениях четвертичного, неогенового и палеогенового возраста. Мощность водоносного горизонта составляет 160—170 м, водопроводимость изменяется в широких пределах — от 100 до 2—3 тыс. м²/сут и более. При оценке эксплуатационных ресурсов подземных вод учитывались сработка естественных запасов водоносных прослоев (мощность 20—40 м), залегающих на глубине до 100 м, и естественные ресурсы, определенные по величине инфильтрации атмосферных осадков. Эксплуатационные ресурсы при такой системе расчета составили около 9 м³/с, в том числе восполняемые 3,4 м³/с.

Несомненно, естественные ресурсы, определенные по инфильтрации атмосферных осадков, оказались заниженными. Кроме того, как показали результаты разведочных работ, проведенных в последующий период, для рассматриваемого района большое значение имеют эксплуатационные запасы речных долин (Сунжа, Шаудон и др.). Учитывая результаты проведенных разведочных работ, эксплуатационные ресурсы Сунженской долины можно оценить величиной 20—25 м³/с (см. табл. 11).

Эксплуатационные ресурсы подземных вод рассмотренных предгорных равнин Северного Кавказа обеспечивают водоснабжение как городского, так и сельского населения этого района. Как текущая, так и перспективная потребность таких городов, как Грозный, Орджоникидзе, Нальчик и др., может быть обеспечена за счет подземных вод. Дебиты групповых водозаборов на территории предгорных равнин достигают 500 л/с, увеличиваясь в долинах рек до нескольких кубических метров в секунду.

На восточном склоне Большого Кавказа, в пределах Дагестана, выделяются три мелких артезианских бассейна, которые целесообразно рассмотреть при характеристике его горной части. Эти бассейны приурочены к Буйнакской и Катыртауской синклиналям и Дербентскому моноклинальному склону. Водоносными здесь являются известняки и песчаники сарматского и чокракского возраста. Их общие эксплуатационные ресурсы не превышают 1 м³/с и формируются в основном за счет естественных ресурсов (см. табл. 11).

На восточном склоне Большого Кавказа выделяется также одно из крупнейших на территории СССР месторождений подземных вод, приуроченное к конусам выноса рек Самур, Кусарчай, Марымчай и Кусарской предгорной равнины (главным образом на территории Азербайджанской ССР). Водоносными здесь являются прослои галечников четвертичного и неогенового возраста, которые по мере удаления от привершинных частей конусов выноса заменяются песками и супесями. Суммарная мощность водоносных горизонтов составляет 50—200 м, водопроводимость изменяется от 200 до 1500 м²/сут (иногда достигает 2500—3000 м²/сут). Основным источником формирования эксплуатационных ресурсов рассматриваемых конусов выноса являются естественные ресурсы подземных вод, разгрузка которых в ненарушенных условиях происходит в Каспийское море и частично путем родникового стока. Значительно меньшую роль играет сработка естественных запасов (см. табл. 11). Расходы отдельных групповых водозаборов на конусах выноса достигают нескольких кубических метров в сутки.

На южном склоне Большого Кавказа, Черноморском побережье РСФСР и Грузинской ССР по существу единственным источником централизованного водоснабжения являются подземные воды аллювиальных отложений долин рек, впадающих в Черное море (реки Ате, Пезуапсе, Сочи, Шахе, Мзымта, Гумиста, Кодори и др.). Подземные воды в долинах этих рек приурочены к аллювиальным валунно-галечниковым накоплениям первой надпойменной и пойменной террас. Мощность этих отложений колеблется от 10 до 80 м. В крупных речных долинах заполнитель валунно-галечниковых отложений имеет песчано-гравийный состав. Здесь в долинах образуются крупные месторождения подземных вод. Формирование эксплуатационных ресурсов речных долин Черноморского побережья происходит в основном за счет привлекаемых ресурсов (поверхностного стока); в долинах с небольшим поверхностным стоком в межень большую роль играют естественные запасы подземных вод. В этот период происходит сработка естественных запасов с их последующим восполнением в паводок.

При региональной оценке, как отмечено выше, эксплуатационные ресурсы подземных вод речных долин Черноморского побережья не оценивались. В то же время на использовании этих вод основано водоснабжение таких крупных городов, как Сочи, Туапсе, Сухуми. Дебиты отдельных водозаборов достигают 500—700 л/с (см. табл. 11).

Закавказская межгорная зона. Наибольшие эксплуатационные ресурсы подземных вод в пределах Закавказской межгорной зоны Кавказской складчатой области сосредоточены в межгорных артезианских бассейнах и конусах выноса. В западной части Закавказской межгорной зоны выделяется Восточно-Черноморский артезианский бассейн. Основные водоносные горизонты в этом бассейне приурочены к четвертичным отложениям, общая мощность которых достигает 300—400 м. В северной и восточной частях описываемого бассейна водовмещающие породы представлены песчано-галечными отложениями, в приморской части — состав отложений более песчаный. На западе бассейна выделяется несколько напорных водоносных горизонтов в четвертичных и

неогеновых отложениях. Водопроводимость горизонтов достаточно высокая — от 200 (в напорных горизонтах) до 3000 м²/сут и более.

Модули естественных ресурсов бассейна изменяются от 5 до 15 л/с на 1 км², причем наименьшие значения характерны для западной его части. Эксплуатационные ресурсы, оцененные для грунтового горизонта восточной половины бассейна и напорного горизонта западной, составляют около 20 м³/с (см. табл. 11).

Возможные дебиты водозаборов достигают 500—1000 л/с, в приморских районах они уменьшаются до 10—50 л/с. В настоящее время подземные воды четвертичных отложений широко используются для водоснабжения городского и сельского населения.

В Алазань-Агричайском артезианском бассейне, расположенном в восточной части Грузинской ССР и западной части Азербайджанской ССР, выделяются два водоносных горизонта, приуроченных к песчано-гравийным отложениям четвертичного и неогенового возраста. Водоносные горизонты содержатся в нескольких прослоях, залегающих между водоупорными породами. Водопроводимость горизонтов колеблется от 100 до 1200 м²/сут.

Основным источником формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод являются естественные ресурсы, разгрузка которых в естественных условиях происходит в речную сеть путем родникового стока и испарения; значительную роль может играть также сработка естественных запасов.

Величина естественных ресурсов Алазань-Агричайского бассейна составляет около 35—40 м³/с. Модули естественных ресурсов изменяются от 5 до 15 л/с на 1 км². Общие эксплуатационные ресурсы подземных вод рассматриваемого бассейна в количестве около 37 м³/с утверждены в ГКЗ СССР (см. табл. 11).

Подземные воды Алазань-Агричайского артезианского бассейна широко используются для водоснабжения и орошения. Дебит отдельных водозаборов может составлять 500—1000 л/с.

На территории западной части Грузинской ССР и Азербайджанской ССР значительные ресурсы пресных и солоноватых вод сосредоточены в Куринском артезианском бассейне, включающем Марнеули-Гардабанский, Кировобад-Казахский и Кура-Араксинский бассейны. Эти бассейны характеризуются широким развитием слившихся конусов выноса различных рек, в которых водоносными являются неогеновые (Марнеули-Гардабанский и Кировобад-Казахский бассейны), неогеновые и четвертичные (Кура-Араксинский бассейн) отложения. Водовмещающие породы представлены песчано-галечниковыми образованиями, содержащими как напорные, так и грунтовые воды. Водопроводимость водоносных горизонтов изменяется от 50 до 300 м²/сут.

В Марнеули-Гардабанском и в большей части Кировобад-Казахского бассейнов подземные воды пресные, в восточной части последнего развиты слабосолоноватые и солоноватые воды. На территории Кура-Араксинского района практический интерес представляют предгорные окраины бассейна (конусы выноса рек Турначай, Геокчай, Тертерчай и Аракс), так как на всей остальной территории развиты подземные воды с минерализацией более 10 г/л.

Общие естественные ресурсы подземных вод Куринской впадины оцениваются примерно в 40 м³/с, при модулях естественных ресурсов, изменяющихся от 2 до 7 л/с на 1 км². Модули эксплуатационных ресурсов на большей части территории изменяются в небольших пределах — 5—7 л/с на 1 км², уменьшаясь в восточной части до 2—3 л/с на 1 км² (см. табл. 11).

Подземные воды на рассматриваемой территории широко используются главным образом для орошения, а также для водоснабжения. Общий отбор составляет порядка 25 м³/с, из них на водоснабжение идет 1,5—2 м³/с. Основной отбор осуществляется на территории Азербайджанской ССР. Возможные расходы групповых водозаборов достигают 500—1000 л/с. Утверждены только эксплуатационные ресурсы Марнеули-Гардабанского бассейна в количестве 17 м³/с.

В южной части Азербайджанской ССР выделяется Ленкоранский артезианский бассейн, в котором основной водоносный горизонт приурочен к нескольким прослоям песчано-галечниковых четвертичных отложений. Водовмещающие отложения представлены песками и галечниками, водопроводимость которых изменяется в широких пределах, в среднем составляя 50—60 м²/сут. Величины ресурсов и данные по их использованию по бассейну приведены в табл. 11.

Классическим примером месторождений артезианских бассейнов горно-складчатых областей является Араратский бассейн, расположенный в одноименной межгорной котловине в Армении. Основные водоносные горизонты на этой территории приурочены к гравелисто-галечниковым отложениям и трещиноватым базальтам четвертичного возраста. Мощности водоносных горизонтов в среднем составляют 50—60 м, водопроводимость изменяется от 150 до 1100 м²/сут.

Подземные воды используются на орошение и водоснабжение (см. табл. 11), дебиты отдельных водозаборов достигают нескольких кубометров в секунду.

Кроме рассмотренных крупных артезианских бассейнов и конусов выноса, в Закавказской межгорной зоне выделяется несколько малых артезианских бассейнов и конусов выноса, площадь которых в большинстве случаев не превышает сотен квадратных километров. Это Тирифонский и Мухранский бассейны в Карталинской равнине, Иорский и Ширакский бассейны в восточной части Грузии, Мазринский, Ахурянский, Налбандский бассейны в Армении, конусы выноса предгорной Джебраильской и Нахичеванской равнин в Азербайджане и др.

Эксплуатационные ресурсы этих бассейнов составляют 18—20 м³/с, большая часть из них восполняемые, утвержденные в ГКЗ эксплуатационные запасы по этим структурам — около 9 м³/с (см. табл. 11). Подземные воды используются для водоснабжения ряда городов, в том числе Тбилиси и Ленинакана.

Таким образом, эксплуатационные ресурсы пресных и слабосолоноватых подземных вод Закавказской межгорной зоны составляют примерно 200 м³/с, из них около 150 м³/с приходится на долю восполняемых. Общий отбор подземных вод достигает 60 м³/с, а утвержденные эксплуатационные запасы — 100 м³/с.

Потребности большего числа городов, расположенных в пределах впадин и равнин Закавказской межгорной зоны и окружающих их районов, на перспективу могут быть обеспечены подземными водами, однако в ряде случаев потребуется переброска воды на большие расстояния. Наиболее неблагоприятные условия водоснабжения наблюдаются в восточной части Куринского бассейна, где подземные воды имеют повышенную минерализацию (города Али-Байрамлы, Нефтечала и др.) и на Апшеронском полуострове, где ресурсы сильносолоноватых и соленых вод, по оценке М. Р. Никитина (Никитин, Цыганова, 1972), составляют около 5 м³/с.

Крымская часть складчатой области

Крымская часть складчатой области подразделяется на два гидрогеологических района: Горный Крым и Западно-Крымский (Степной Крым). В пределах последнего выделяется ряд небольших артезианских

бассейнов, являющихся непосредственным продолжением Причерноморского и Азово-Кубанского артезианских бассейнов. Ресурсы подземных вод Крыма охарактеризованы в табл. 12.

Таблица 12

Ресурсы подземных вод крымской части Карпатско-Крымско-Кавказской гидрогеологической складчатой области

Район (возраст водовмещающих пород)	Площадь оценки ресурсов, тыс. км²	Ресурсы подземных вод					Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ, ТКЗ эксплуатационные запасы	
		естественные	эксплуатационные					м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
			минерализация воды, г/л								
			до 1	1—3	всего	восполняемые					
Горный Крым (четвертичный, верхнеюрский)	5	10,5	3		3	3	0,6	2,5	85	0,4	13
Западно-Крымский район (Степной Крым; неогеновый, палеогеновый, меловой)	21	13		13	13	13	0,1—5; 0,5 (среднее)	8,5	65	12	90
Всего		24	3	13	16	16		11	70	12,4	80

Эксплуатационные ресурсы Крымской области сосредоточены в месторождениях артезианских бассейнов платформенного типа и бассейнах трещинно-карстовых известняков в горной части области. Подчиненное значение имеют небольшие месторождения в речных долинах рек Крымского полуострова. Дебиты отдельных водозаборов достигают 200—300 л/с.

Как видно из табл. 12, территория Крымской области занимает одно из первых мест по использованию выявленных ресурсов подземных вод. Города Крымской области с точки зрения их обеспечения пресными водами находятся в различных гидрогеологических условиях. Наиболее благоприятные условия характерны для северной степной части Крыма, наименее благоприятные — для городов южного берега Крыма и Керченского полуострова. Перспективная потребность городов Красноперекопска, Джанкоя и других, расположенных в северной части полуострова, может быть полностью обеспечена подземными водами, а Симферополя, Севастополя, Ялты и др. — только частично. Водоснабжение г. Керчи следует базировать на поверхностных водоисточниках.

Территория Крымской части складчатой области относится к хорошо изученным (см. табл. 12).

В пределах Горного Крыма наибольшие естественные ресурсы пресных подземных вод приурочены к интенсивно закарстованным карбонатным отложениям верхнеюрского возраста, слагающим Главную гряду Крымских гор. Для Главной гряды характерно сильное развитие карстовых форм рельефа. На участках закарстованных пород происходит активное поглощение атмосферных осадков, питающих водоносный горизонт. Разгрузка подземных вод осуществляется преимущественно путем родникового стока. Общее количество родников превышает

2,5 тыс., а суммарный расход их в году в среднем по водности достигает 10,5 м³/с. Наиболее крупных родников (с дебитом более 100 л/с) насчитывается около 20, их суммарный расход составляет около 70% от общего родникового стока. Среднегодовой модуль родникового стока из карбонатных отложений верхней юры изменяется преимущественно от 5 до 15 л/с на 1 км². Дебиты карстовых родников очень сильно колеблются как по сезонам, так и в многолетнем разрезе. В связи с этим эксплуатационные ресурсы определены в количестве около 3 м³/с.

Подземные воды верхнеюрских известняков довольно широко используются для водоснабжения ряда городов и поселков на южном берегу Крыма (Ялты, Алупки и др.). Общий отбор подземных вод составляет около 2,5 м³/с, утвержденные запасы около 0,4 м³/с.

Кроме родникового стока в пределах Горного Крыма используются подземные воды аллювиальных отложений долин рек (города Алушта, Судак, Старый Крым и др.). Общий отбор этих вод составляет 200—250 л/с, утвержденные запасы около 300 л/с.

На востоке Крымской части складчатой области (в пределах Керченского полуострова) в плиоцен-верхнемиоценовых отложениях мелких мульд сформировались малые артезианские бассейны, содержащие напорные воды с повышенной минерализацией. Разделяющие бассейны площади характеризуются развитием практически водоупорных отложений майкопской свиты. В целом район Керченского полуострова очень беден подземными водами. В настоящее время здесь для водоснабжения используются подземные воды с минерализацией 2—3 г/л в количестве примерно 0,3—0,4 м³/с. Эксплуатационные ресурсы сильносолоноватых и соленых вод в этом районе оцениваются в 5—10 м³/с.

На территории Западно-Крымского района (Степной Крым) выделяется ряд небольших бассейнов (Северо-Сивашский, Альминский, Белогорский), в которых формируются месторождения артезианских бассейнов платформенного типа. Водоносными в этих бассейнах являются главным образом неогеновые, а на отдельных участках также палеогеновые и меловые отложения. Водовмещающими породами основного неогенового водоносного горизонта служат известняки и песчаники понтического, меотического, сарматского и тортонского ярусов. Водопроводимость горизонтов изменяется в очень широких пределах, достигая нескольких тысяч квадратных метров в сутки. Естественные ресурсы подземных вод Степного Крыма определены по расходу естественного потока (см. табл. 12). Эксплуатационные ресурсы подземных вод в Степном Крыму формируются только за счет естественных ресурсов, что связано с очень незначительной емкостью трещиноватых пород. Средневзвешенный модуль эксплуатационных ресурсов в пределах Степного Крыма равен 0,5 л/с на 1 км²; максимальные значения, превышающие 5 л/с на 1 км², характерны для северной части Сивашской впадины. В Альминской впадине модули эксплуатационных ресурсов составляют 1—2 л/с на 1 км², а на обширной территории центральной и восточной частей Степного Крыма модули изменяются от 0,1 до 0,5 л/с на 1 км².

Подземные воды Степного Крыма широко используются для водоснабжения городов (Симферополя, Севастополя и др.) и сельскохозяйственных объектов, а также для орошения земель (см. табл. 12). Возможные дебиты водозаборов изменяются в широких пределах — от 10 до 1000 л/с. Степной Крым характеризуется очень высокой степенью изученности эксплуатационных ресурсов.

Кроме пресных и слабосолоноватых вод в Степном Крыму в неогеновых, палеогеновых и меловых отложениях содержатся сильносолоноватые и соленые воды, эксплуатационные ресурсы которых, по оценке М. Р. Никитина (Никитин, Цыганова, 1972), составляют 20—20 м³/с.

Карпатская часть складчатой области

На территории Карпатского района первого порядка по геоструктурным и гидрогеологическим условиям отчетливо выделяются три района второго порядка: Карпатский (собственно горные сооружения Восточных Карпат), Предкарпатский (предгорный прогиб) и Закарпатский (внутренний прогиб). Характеристика ресурсов подземных вод этих районов приведена в табл. 13.

Таблица 13

Ресурсы подземных вод карпатской части и суммарные данные в целом по Карпатско-Крымско-Кавказской гидрогеологической складчатой области

Район (возраст водовмещающих пород)	Площадь оценки ресурсов, тыс. км²	Ресурсы подземных вод, м³/с					Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ, ТКЗ эксплуатационные запасы	
		естественные	эксплуатационные								
			минерализация воды, г/л		всего	восполняемые		м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
			до 1	1—3							
Карпатский район (палеогеновый меловой)	18,7	100	1	—	1	1	0,05	—	—	—	—
Предкарпатский район (четвертичный аллювий)	11,3	30	10	—	10	9	1—2	1	10	3,5	30
Закарпатский район (четвертичный, неогеновый)	4	6	6	—	6	0,5	1—5	0,7	10	1,5	25
Всего	34	136	17	—	17	10		1,7	10	5	30
Сумма по Карпатско-Крымско-Кавказской гидрогеологической области	370	1860	490	40	530	380	—	130	25	200	38

Единственным источником крупного централизованного водоснабжения Карпатской области являются подземные воды аллювиальных отложений речных долин, формирующие водообильные месторождения, на базе которых могут быть сооружены водозаборы с расходами до 1—2 м³/с.

Карпатский гидрогеологический район беден подземными водами. Здесь развиты отложения палеозоя, мела и палеогена. В осевой синклинальной области распространены олигоценовые аргиллиты и алевролиты с прослоями песчаников. Внешняя антиклинальная зона характеризуется широким развитием флишевых отложений мела и палеогена. В пределах внутренней антиклинальной зоны преобладают песчаники, гравелиты и конгломераты мела и палеогена. Подземные воды приурочены к трещинам, проникающим до глубины около 80—100 м. Родники этих вод имеют дебиты преимущественно 0,1—0,5 л/с, очень редко встречаются родники с дебитами в несколько литров в секунду. Общая величина естественных ресурсов собственно Восточных Карпат составляет около 100 м³/с при среднем модуле естественных ресурсов около 5 л/с на 1 км². Однако в качестве эксплуатационных ре-

сурсов можно рассматривать только родниковый сток, составляющий примерно 1 м³/с (см. табл. 13).

В Предкарпатском предгорном прогибе основные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод приурочены к аллювиальным отложениям долин рек Стрыя, Ломницы, Быстрицы, Прута, Черемоша и др. Водовмещающие породы представлены гравийно-галечниковыми отложениями, которые, несмотря на небольшую мощность, характеризуются большими значениями водопроводимости, достигающими нескольких тысяч квадратных метров в сутки. Источником формирования эксплуатационных ресурсов аллювиального горизонта являются главным образом привлекаемые ресурсы, а также естественные ресурсы подземных вод, разгрузка которых в ненарушенных условиях происходит в поверхностные водотоки.

В настоящее время подземные воды аллювиальных отложений используются для водоснабжения городов Самбор, Дрогобыч, Стрый и сельскохозяйственных объектов. Общий отбор воды составляет около 1 м³/с, или 10% от выявленных эксплуатационных ресурсов. Возможные расходы водозаборов достигают 100—150 л/с.

На отдельных участках Предкарпатского прогиба эксплуатационное значение имеет водоносный горизонт в сармат-тортонских отложениях (северо-западная и юго-восточная окраины бассейна). Водовмещающими породами являются прослои песков и песчаников, содержащие напорные воды. Однако в целом эксплуатационные ресурсы этого горизонта крайне ограничены.

К Закарпатскому внутреннему прогибу приурочен одноименный межгорный артезианский бассейн, внутри которого выделяются два артезианских бассейна третьего порядка (Чоп-Мукачевский и Солотвинский), разделенные Выгорлат-Гутинской вулканической грядой.

Как в Чоп-Мукачевском, так и в Солотвинском бассейнах основные эксплуатационные ресурсы приурочены к плиоцен-четвертичным и четвертичным аллювиальным отложениям долин рек, на водораздельных участках эксплуатационное значение приобретают водоносные горизонты, приуроченные к неогеновым отложениям.

В пределах Чоп-Мукачевского бассейна основной плиоцен-четвертичный горизонт представлен мощной толщей валунно-галечниковых отложений, причем их мощность составляет 75—100 м, увеличиваясь в районе Ужгородского прогиба до 250—300 м. В связи с этим в рассматриваемом районе в формировании эксплуатационных ресурсов подземных вод в отличие от Предкарпатского прогиба существенную роль играют естественные запасы водовмещающих пород.

В Солотвинском бассейне наибольшее значение имеют подземные воды аллювиальных отложений первой и второй террас р. Тисы и ее левобережных притоков Рики и Теребли. На нескольких участках в центральной, юго-западной и северо-восточной частях бассейна самостоятельное значение имеют подземные воды неогеновых отложений, но в целом их эксплуатационные ресурсы ничтожны.

Эксплуатационные ресурсы аллювиальных отложений Закарпатского прогиба оценены величиной порядка 5—6 м³/с, причем 90% выявленных запасов приходится на величину срабатываемых естественных запасов (см. табл. 13). Следует отметить, что привлекаемые ресурсы (за счет поверхностного стока) в этом районе не были оценены.

Подземные воды аллювиальных отложений Чоп-Мукачевского и Солотвинского бассейнов широко используются для водоснабжения городов Закарпатской области (Ужгород, Мукачево и др.) и сельскохозяйственных объектов (см. табл. 13). Возможные дебиты водозаборов достигают 500 л/с.

Перспективная потребность всех городов, расположенных, в преде-
лах Предкарпатского и Закарпатского прогибов, в целом может быть
обеспечена за счет подземных вод, хотя в отдельных случаях может воз-
никнуть необходимость в транспортировке воды на расстояние несколь-
ких десятков километров.

Копет-Дагско-Большебалханская гидрогеологическая складчатая область

Территория Копет-Дагско-Большебалханской гидрогеологической складчатой области по обеспеченности подземными водами разделяется на две части: на горные сооружения Копет-Дага, Большого Балхана с обрамляющими их пролювиальными предгорными равнинами, где сосредоточены практически все эксплуатационные ресурсы подземных вод, и на равнинную территорию, совпадающую с Южно-Каспийским артезианским бассейном, в котором вследствие глинистости разреза и малого количества атмосферных осадков формируются ничтожные по величине эксплуатационные ресурсы, имеющие тем не менее существенное значение для водообеспечения, в основном объектов сельского хозяйства.

Основные ресурсы подземных вод, которые представляют интерес для народного хозяйства, приурочены к аллювиальным отложениям долин рек Сумбара, Чандыра, Фирюзинки и др. (Копет-Даг), песчано-гравийно-галечниковым отложениям предгорных равнин Копет-Дага и Большого Балхана, песчаникам апт-альба и сеномана (Копет-Даг), известнякам, доломитам и песчаникам мальм-неокома. В Южно-Каспийском артезианском бассейне скудные ресурсы пресных и слабосолоноватых вод содержатся в песках четвертичного, реже акчагыл-апшеронского возраста.

Естественные ресурсы подземных вод на территории складчатой области невелики (табл. 14).

В пределах собственно Копет-Дага модуль естественных ресурсов подземных вод, формирующихся за счет инфильтрации атмосферных осадков, в мальм-неокомском водоносном комплексе изменяется от 0,5 до 1 л/с на 1 км², в пределах Большого Балхана его величина составляет 0,9 л/с на 1 км². В Южно-Каспийском артезианском бассейне вследствие слабой проницаемости или водоупорных свойств пород водоносные горизонты и комплексы отсутствуют и естественные ресурсы подземных вод практически не формируются. В области развития четвертичных отложений долин рек в пределах Копет-Дага модули естественных ресурсов составляют 1—2 л/с на 1 км², редко больше.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод формируются за счет естественных ресурсов (4—5 м³/с), привлечения поверхностного стока (2—3 м³/с), а также сработки части естественных запасов. Срабатываемые естественные запасы, как правило, не восполняются, за исключением сработки естественных запасов в аллювиальных аккумулятивных микробассейнах, которые частично восполняются поверхностными водами в паводки.

Модуль эксплуатационных ресурсов в предгорной равнине Копет-Дага и Малого Балхана изменяется от 2 до 4 л/с на 1 км², в аллювиальных бассейнах рек западной части Копет-Дага составляет 3—5 л/с на 1 км², в предгорной равнине Большого Балхана (южный склон) — 1—4 л/с на 1 км². В пределах Южно-Каспийского артезианского бассейна развиты небольшие (за исключением Каракульских) линзы пресных вод, плавающие на соленых, для которых модуль эксплуатационных ресурсов определить невозможно. Изменение модуля эксплуатационных ресурсов подземных вод по площади зависит на рассматриваемой территории от

Таблица 14

Ресурсы подземных вод Копет-Дагско-Большебалханской гидрогеологической складчатой области

Район (водоносный горизонт, комплексы)	Площадь оценки ресурсов, тыс. км²	Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с·км²	Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ, ТКЗ эксплуатационные запасы	
		естественные	эксплуатационные			м³/с	% от эксплуатационных	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
			всего	восполняемые					
Горная часть (водоносные комплексы четвертичных аллювиальных отложений, апт-альба и сеномана, мальм-неокома)	14	5	5	3	0,1—5; 0,3 (среднее)	1	20	4	80
Предгорная равнина Копет-Дага. Большого и Малого Балханов и Куба-Дага (водоносный комплекс четвертичных пролювиальных отложений)	12	3	12	4	0,2—4; 1· (среднее)	7	60	9	75
Южно-Каспийский артезианский бассейн (подземные воды спорадического распространения хазарских и хвалынских отложений. водоносный комплекс среднего плиоцена)	18	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего	44	8	17	7	—	8	47	13	76

геологического строения (наличия хорошо проницаемых коллекторов со значительной емкостью) и увлажнения территории атмосферными осадками. Там, где наблюдаются эти условия (горная часть центральной территории Копет-Дага, подгорная пролювиальная равнина), модуль эксплуатационных ресурсов имеет максимальное значение.

Минерализация подземных вод до 3 г/л, выделить среди них пресные и слабосолоноватые не представляется возможным. Можно предполагать, что пресных вод с минерализацией до 1 г/л около 50% от эксплуатационных ресурсов.

В настоящее время на рассматриваемой территории централизованное использование подземных вод сосредоточено в основном в пределах предгорной пролювиальной равнины Копет-Дага, в восточной и западной частях Копет-Дага, южном склоне Большого Балхана. Для водоснабжения городов Западной Туркмении (Красноводск, Небит-Даг, Челекен) подземные воды подаются также из Каракумского артезианского бассейна (Ясханская линза). Общий отбор подземных вод в пределах Копет-Дагско-Большебалханской складчатой области достигает 8,5 м³/с, из них более половины приходится на Ашхабад-Безмеинский район.

Подземные воды используются для коммунального водоснабжения городов, технологических потребностей промышленности и нефтедобычи,

на нужды сельского хозяйства, в предгорной равнине Копет-Дага — на орошение. В Западно-Туркменской низменности очень редкое население получает воду из малопроизводительных колодцев.

Основными типами эксплуатируемых месторождений подземных вод являются ограниченные структуры с трещинно-карстовыми водами в известняках мальм-неокома и конусы выноса предгорной равнины Копет-Дага и Большого Балхана. В последнее время в эксплуатацию вовлекаются месторождения речных долин. Месторождения структур с трещинными водами в песчаниках мелового и мергелях палеогенового возраста имеют подчиненное значение.

Источниками формирования эксплуатационных ресурсов являются естественные запасы, естественные ресурсы, в долинах рек горной области — привлекаемые поверхностные воды. В Южно-Каспийском артезианском бассейне единственный тип месторождений подземных вод, в очень малом объеме эксплуатируемый для нужд сельского хозяйства (водопоя скота),— линзы пресных вод, плавающие на соленых в песчаных массивах.

Водозаборы подземных вод, расположенные преимущественно на предгорной пролювиальной равнине, как правило, работают в неустановившемся режиме фильтрации. Снижение уровня воды составляет от 1—2 м/год (Ашхабадский, Фирюзинский водозаборы) до 3—4 м/год (Алтыябский водозабор). Основной причиной снижения уровней является сработка естественных запасов, причем на некоторых водозаборах (Алтыябский) темп снижения уровня превышает прогнозировавшийся при утверждении запасов подземных вод. Нестационарный режим фильтрации и развитие воронок депрессии привели в ряде случаев к подтягиванию к скважинам солоноватых вод, в связи с чем увеличилась минерализация отбираемой воды до 1,5—2 г/л (Ашхабадский и Джебельский водозаборы). Подтягивание солоноватых вод происходит как в плане (Ашхабадский, Секизябский водозаборы), так и снизу (Казанджикский и Джебельский водозаборы). Радиус депрессионных воронок достигает 5—10 км и более, но следует отметить, что иногда развитие депрессий ограничивается непроницаемыми контактами водоносных и безводных отложений.

Важнейшим фактором повышения надежности водоснабжения территории должен стать Каракумский канал. Стабилизация и повышение надежности работы водозаборов подземных вод определяется тремя факторами: 1) некоторым уменьшением отбора подземных вод в связи с переводом орошения на воду из канала; 2) усилением питания эксплуатируемых водоносных горизонтов за счет инфильтрации оросительных вод в условиях увеличения орошаемых площадей и интенсификации поливов; 3) возможностью искусственного восполнения подземных вод и усиления питания водозаборов с использованием воды канала. Следует отметить, что в условиях острого дефицита пресной воды необходимо рациональное использование воды рек, стекающих с Копет-Дага (Сумбар, Чандыр, Аджи-Дере и др.), на основе балансовых расчетов по речным бассейнам, а также широкое внедрение современных способов удовлетворения потребности в воде, с применением искусственного восполнения подземных вод за счет водных ресурсов Каракумского канала, а также опреснения соленых и солоноватых вод.

В ГКЗ и ТКЗ по сумме категорий утверждено 13 м³/с эксплуатационных запасов подземных вод. Из них около 12 м³/с сосредоточено в пределах предгорной пролювиальной равнины северо-восточного склона Копет-Дага и его горной части; меньше 1 м³/с — в складчатых сооружениях Большого Балхана, главным образом в предгорной равнине.

На перспективу потребности в воде, в частности хозяйственно-питьевого назначения, по основным объектам водопотребления будут удовлетворены. В Ашхабад-Безменнском промышленном районе водоснабжение будет базироваться на подземных водах конусов выноса, в западной группе городов (Красноводск, Небит-Даг, Челекен) — на местных источниках, но главным образом на водах Ясханской линзы Каракумского артезианского бассейна; в горной части удовлетворение нужд возможно за счет подземных вод аллювия речных долин.

Ниже дается краткое описание водоносных горизонтов и комплексов, наиболее перспективных для организации водоснабжения на территории Копет-Дагско-Большебалханской области.

Водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений долин рек в пределах Копет-Дага имеет важное значение, уступая лишь мальм-неокомскому комплексу. Водовмещающие породы представлены галечниками, песками, гравием. В западном Копет-Даге наиболее водообильны аллювиальные отложения долин рек Сумбара, Чандыра, Аджи-Дере, в центральной части Копет-Дага — р. Фирюзинки, в восточной части — р. Кельте-Чинар и др. Мощность обводненных аллювиальных отложений изменяется от 5 до 300 м (долина р. Сумбар западнее пос. Кара-Кала). Водопроводимость колеблется от десятков до первых тысяч квадратных метров в сутки (долина р. Сумбара). В речных долинах западной части Копет-Дага формируются своеобразные месторождения подземных вод, так называемые аккумулятивные микробассейны аллювиальных отложений, образующиеся в результате интенсивного прогибания синклинальных структур в четвертичное время, к которым приурочены долины рек. Формированию таких месторождений в аллювиальных отложениях способствует ундулирование осей геологических структур. Именно к таким микробассейнам приурочены максимальные мощности обводненного аллювия, а скважины здесь характеризуются удельными дебитами, равными десяткам метров в секунду. Производительность водозаборов в аллювиальном водоносном горизонте достигает 100—200 л/с, реже (долина р. Сумбар) —500 л/с. Минерализация подземных вод в аллювии колеблется от 0,5 до 3 г/л, в долинах малых рек восточной части Копет-Дага — до 4,5 г/л.

Водоносный комплекс в песчаниках апт-альба и сеномана широко распространен в складчатых областях (Копет-Даг, Большой и Малый Балханы).

Ориентировочно водопроводимость песчаников мелового возраста в ослабленных зонах достигает 200—1000 м²/сут. Минерализация воды в зависимости от условий водообмена изменяется от 0,5 до 15 г/л, причем более водообильные участки содержат, как правило, менее минерализованные воды. Производительность водозаборов, эксплуатирующих водоносный комплекс меловых пород, может достигать 100 л/с, в редких случаях 200 л/с.

Наиболее водообильной и перспективной для использования в горах Копет-Дага и Большого Балхана является водоносная зона трещиноватости мальм-неокомских отложений, представленных известняками, мергелями, песчаниками. Обводнена она главным образом на тектонически ослабленных участках. Здесь мощность водоносной части отложений достигает 300 м, а водопроводимость — 500—2000 м²/сут. Вне тектонических зон карбонатные отложения мальм-неокома практически безводны. Минерализация подземных вод этих отложений в пределах Копет-Дага, как правило, не превышает 1 г/л, в пределах Большого Балхана такая величина минерализации характерна только для областей питания, по мере удаления от них минерализация увеличивается до 3 г/л и более. В зоне трещиноватости мальм-нео-

комских отложений можно устраивать водозаборы с производительностью от 50 до 500 л/с.

В предгорных равнинах вода содержится в четвертичных песчано-галечниковых отложениях конусов выноса. Вскрытая мощность пролювиальных отложений достигает 120—500 м. Минерализация подземных вод в прикаракумской части равнины составляет 1,4—2,4 г/л, в прикопетдагской — до 1 г/л. Закономерности движения подземных вод и строения водоносного комплекса обычны для конусов выноса и предгорных равнин.

В пределах предгорий Большого Балхана воды пресные и слабосолоноватые, с минерализацией до 3 г/л. Величина коэффициента фильтрации грубообломочных пород верхней части разреза пролювиальной равнины, окаймляющей Большой Балхан с юга, равна 30—60 м/сут, удельные расходы скважин — 10 л/с. В южном направлении эти параметры уменьшаются соответственно до 5 и менее 5 м/сут и 1 л/с, а минерализация воды увеличивается от 1 до 15 г/л. Возможная производительность водозаборов в предгорной равнине чаще равна 100—500 л/с, в наиболее благоприятных условиях — до 1000 л/с.

Очень плохо обеспечен подземными водами Южно-Каспийский артезианский бассейн. Практически эксплуатационные ресурсы подземных вод здесь отсутствуют. Воды, пригодные для питья, встречаются в хазарских и хвалынских песках только в местах интенсивной инфильтрации паводковых вод на границе такыров с песками. Примером таких условий являются Каракульские линзы пресных вод, плавающие на соленых (Восточно- и Западно-Каракульская и Кемкуйминская), общий объем воды в них (с минерализацией до 2 г/л) оценивается в 51 млн. м³. Возможная производительность водопунктов здесь до 1 л/с.

Водоносный комплекс среднего плиоцена (челекенской толщи) является относительно водообильным в Южно-Каспийском артезианском бассейне. Водовмещающие породы состоят из песков, залегающих среди глин. Мощность песчаных прослоев составляет 70—100 м. Воды в челекенской толще напорные, расходы скважин, вскрывающих их, достигают 5—10 л/с, а общая разгрузка вод скважинами и родниками составляет 100—120 л/с. Минерализация подземных вод превышает 10 г/л, поэтому использование их для питьевых целей возможно после опреснения.

Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирская гидрогеологическая складчатая область

Региональные закономерности формирования естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод в Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирской складчатой области предопределяются большим разнообразием форм рельефа, климатических условий и геологического строения данной территории. Высокогорные цепи Тянь-Шаня, Памира и Джунгарского Алатау, являющиеся областями преимущественного формирования поверхностного и подземного стока, чередуются с обширными равнинными пространствами межгорных впадин, выполненных мощной толщей рыхлых отложений, в которых происходит накопление значительных объемов естественных запасов подземных вод.

Геолого-структурные и гидрогеологические особенности рассматриваемой территории привели к образованию в ее пределах двух основных типов водоносных систем: бассейнов трещинных вод (гидрогеологических массивов) в горно-складчатых районах и межгорных артезианских бассейнов, приуроченных к крупным межгорным впадинам.

Естественные ресурсы подземных вод всей Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирской складчатой области составляют 2560 м³/с. Эксплуатационные ресурсы подземных вод равны примерно 1890 м³/с, из них на ресурсы пресных вод приходится около 1600 м³/с. Эксплуатационные ресурсы обеспечиваются в основном за счет естественных ресурсов в количестве 1300 м³/с (70%), в том числе привлекаемых из рек и оросительной сети, и в меньшей степени за счет сработки естественных запасов (около 30%).

Эксплуатационные запасы подземных вод водоносных горизонтов четвертичных аллювиально-пролювиальных и аллювиальных отложений конусов выноса, речных долин и межгорных впадин и частично бассейнов трещинно-карстовых вод палеозойских пород утверждены ГКЗ и ТКЗ для хозяйственно-питьевого, технического водоснабжения и орошения земель в количестве 355 м³/с, из них на запасы по высоким промышленным категориям (А+В) приходится около 177 м³/с. Утвержденные запасы составляют 19% от общих эксплуатационных ресурсов. В современных условиях подземные воды области используются неравномерно и недостаточно.

По неполным данным, в рассматриваемой гидрогеологической области отбор подземных вод преимущественно для крупного централизованного водоснабжения достигает 70 м³/с, или 19% от общего количества утвержденных запасов и всего 4% от эксплуатационных ресурсов. С учетом децентрализованного водоснабжения за счет каптированных родников и одиночных скважин современный отбор подземных вод не превышает 5% от суммарных эксплуатационных ресурсов, что показывает большие перспективы дополнительного использования имеющихся ресурсов для хозяйственно-питьевых, технических целей и орошения земель.

Эксплуатация подземных вод производится в основном в пределах межгорных впадин (артезианских бассейнов), где сосредоточено большое число городских и сельских населенных пунктов, промышленных объектов и широко развито орошаемое земледелие. За счет подземных вод осуществляется частичное водоснабжение ряда городов, промышленных предприятий и рабочих поселков Казахской ССР, Узбекской ССР, Киргизской ССР и Таджикской ССР, а также таких городов, как Алма-Ата, Фрунзе, Душанбе и др.

Для водоснабжения объектов сельского хозяйства, обводнения и орошения земель подземные воды используются пока недостаточно. Они эксплуатируются в основном одиночными скважинами, шахтными колодцами или путем каптирования родников с водоотбором до 15 л/с, реже 30 л/с. Значительная часть населенных пунктов и объектов сельского хозяйства снабжается за счет поверхностных вод, в том числе ирригационных каналов, имеющих, как правило, неудовлетворительное санитарное состояние.

Орошение в настоящее время производится преимущественно подземными водами из родников и одиночных эксплуатационных скважин, часто с самоизливающимися водами, расположенных на участках орошаемых оазисов. Суммарный среднегодовой отбор подземных вод для орошения скважинами достигает ориентировочно 15 м³/с. Площади, орошаемые подземными водами, находятся на территории Чуйского, Иссык-Кульского, Ферганского, Илийского и некоторых других артезианских бассейнов. В некоторых районах, например в Чуйской впадине, введены или вводятся в эксплуатацию с целью орошения земель крупные сосредоточенные водозаборы подземных вод с суммарным дебитом до 1 м³/с (Панфиловский водозабор). Производительность действующих

групповых водозаборов централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения городов и промышленных предприятий изменяется от 0,1 до 1,5 м³/с. Водозаборы базируются на подземных водах четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений речных долин, конусов выноса и межгорных впадин. В некоторых впадинах или речных долинах сосредоточенный отбор подземных вод многочисленными группами скважин или системами линейных водозаборов уже достигает 4—6 м³/с (Центрально-Чуйский водозабор в Чуйском артезианском бассейне, Ташский и Сартамгалинский водозаборы в долине р. Ахангаран).

Опыт работы крупных водозаборов показывает, что эксплуатационные запасы обеспечиваются главным образом за счет естественных ресурсов, которые формируются в результате поглощения поверхностного стока, потерь на фильтрацию оросительных вод и частично за счет инфильтрации атмосферных осадков. При эксплуатации водозаборов наблюдается установившийся режим фильтрации. Колебания динамических уровней прослеживаются лишь в годовом разрезе в связи с различными условиями питания и разгрузки подземных вод по сезонам года (амплитуда колебаний достигает иногда 5—16 м) или зависят от существенного изменения расхода водозаборов. Как установлено наблюдениями за режимом подземных вод в районе некоторых водозаборов, в скважинах, удаленных на 3—5 км от них, не отмечается сработки уровней, что свидетельствует о сравнительно небольших размерах образующихся депрессионных воронок. Заметных изменений химического состава подземных вод также не наблюдается.

В процессе эксплуатации водозаборов в зависимости от условий формирования возможно увеличение эксплуатационных запасов за счет привлекаемых ресурсов, возникающих в связи с усилением фильтрации из рек и уменьшением разгрузки подземных вод в виде родникового стока (инверсия родников), испарения и транспирации. Интенсивная эксплуатация подземных вод в ряде районов, в том числе для ирригации, может улучшить гидрогеолого-мелиоративное состояние территорий, уменьшить или предотвратить процессы заболачивания и засоления почво-грунтов орошаемых площадей.

Описание ресурсов подземных вод Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирской складчатой области в связи со сложностью гидрогеологических условий более детально ведется по районам второго порядка, объединенным в свою очередь в три гидрогеологических района первого порядка: Восточный Тянь-Шань и Джунгарский Алатау, Западный Тянь-Шань, Памир.

Восточный Тянь-Шань и Джунгарский Алатау

Характеристика ресурсов этого района приведена в табл. 15. В пределах Восточно-Тянь-Шаньского и Джунгарского Алатау значительную часть эксплуатационных ресурсов (более 80%) составляют пресные воды, пригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Иссык-Кульский гидрогеологический район второго порядка представляет собой замкнутую впадину, состоящую из Кунгей-Иссык-Кульского артезианского бассейна и внутренних частей Терскейского и Заилийского гидрогеологических массивов. Наибольшее развитие в пределах бассейна получили водоносные горизонты четвертичных аллювиально-пролювиальных и озерных отложений.

В центральной части бассейна в аллювиально-пролювиальных отложениях мощностью до 300—500 м образовался единый напорный водоносный комплекс. Как и во всех крупных артезианских бассейнах

Таблица 13

Ресурсы подземных вод гидрогеологического района Восточного Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау

Гидрогеологический район (возраст водовмещающих пород)	Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²
	естественные	эксплуатационные		
		всего	восполняемые	
Иссык-Кульский артезианский бассейн (четвертичный)	34	40	40	0,3—19
Илийская система артезианских бассейнов (четвертичный)	110	130	70	0,2—15
Балхаш-Алакульская система артезианских бассейнов (четвертичный)	120	160	80	0,5—12
Зайсанский артезианский бассейн (четвертичный)	36	30	—	0,6—3
Нарынский артезианский бассейн (четвертичный, миоценовый)	160	150	150	0,03—40
Сарыджаз-Аксайский артезианский бассейн (четвертичный)	40	60	60	0,07—0,8
Таласский артезианский бассейн (четвертичный)	75	70	40	3,5 (среднее)
Чуйский артезианский бассейн (четвертичный)	76	115	55	2—19
Восточно-Тянь-Шаньский и Джунгаро-Алатауский бассейны трещинных вод (четвертичный, палеозойский)	379	105	75	2—26
Всего	1030	860*	570	

* Из этого количества ресурсов около 700 м³/с приходится на пресные воды.

этого типа, среди аллювиально-пролювиальных отложений выделяются две фациальные разновидности: крупнообломочные породы в зоне подгорного шлейфа и суглинистые образования с линзами и прослоями крупнообломочного материала в периферийных частях конусов выноса. Водообильность галечников и валунно-галечников, как правило, высокая. Водопроводимость толщи рыхлых пород достигает нескольких тысяч квадратных метров в сутки.

В береговой полосе оз. Иссык-Куль распространен водоносный горизонт озерных отложений, характеризующийся пестротой и невыдержанностью литологического состава. Подземные воды заключены в галечниках, песках и песчано-щебнистых породах, чередующихся с суглинками и глинами. На северном и восточном побережьях озера мощность отложений достигает 150 м и более, а количество водоносных прослоев изменяется от трех до шести. Водопроводимость пород в среднем равна 150—300 м²/сут, местами возрастает до 1000—2000 м²/сут. Озерные отложения южного побережья представлены преимущественно тонкозернистыми песками меньшей мощности, слабоводоносными.

Основное формирование ресурсов подземных вод происходит за счет потерь на фильтрацию речного стока и ирригационных вод в зоне развития крупнообломочных пород подгорного шлейфа. Региональная разгрузка подземных вод наблюдается в пределах озера путем выклинивания или испарения в береговой полосе.

Толща рыхлых четвертичных отложений артезианского бассейна включает значительный объем естественных запасов, равный 60 млрд. м³

Естественные ресурсы подземных вод оцениваются величиной, равной 34 м³/с.

Эксплуатационные ресурсы обеспечиваются за счет естественных и привлекаемых ресурсов в общем количестве около 40 м³/с. В зависимости от степени водоносности пород модуль эксплуатационных ресурсов (подземного стока) изменяется от 0,3 л/с на 1 км² на территории южного побережья оз. Иссык-Куль до 19 л/с на 1 км² на площадях развития крупнообломочных пород подгорного шлейфа.

Возможная производительность групповых водозаборов изменяется от 100 до 1000 л/с. Наиболее благоприятные условия для заложения крупных водозаборов существуют на северном побережье оз. Иссык-Куль, а также в срединных частях конусов выноса отдельных рек, где дебиты одиночных скважин достигают 40—70 л/с.

Илийская система артезианских бассейнов характеризуется преимущественным развитием водоносных горизонтов в аллювиально-пролювиальных четвертичных и частично в неогеновых отложениях, содержащих серию напорных водоносных горизонтов.

Мощность водоносного комплекса четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений изменяется в широких пределах — от 5 м на междуречных пространствах до 300 м и более в центральных частях предгорных шлейфов, образованных слившимися конусами выноса горных рек и временных водотоков. Водопроводимость пород также различна и в среднем колеблется от 50 до 2000 м²/сут.

Водоносный комплекс неогеновых отложений имеет пестрый литологический состав с преобладанием в разрезе конгломератов, песчаников, галечников и красноцветных глин. Мощность водоносных пород составляет 6—27 м. Водопроводимость пород в целом невелика, всего 50—150 м²/сут.

Основной объем естественых запасов подземных вод в количестве 180 млрд. м³, в том числе 160 млрд. м³ пресных вод, сосредоточен в пределах конусов выноса предгорных шлейфов и в речных долинах.

В формировании естественных ресурсов подземных вод района участвуют: инфильтрация атмосферных осадков, поглощение поверхностного стока рек и временных водотоков, а также подземный сток с окружающих горных систем. Большую роль в питании подземных вод местами играют потери ирригационных вод. Общие естественные ресурсы составляют около 110 м³/с, из них 95 м³/с приходятся на толщу водоносных валунно-галечниковых отложений предгорных шлейфов. Подземный сток, поступающий в Илийскую впадину с горных сооружений Заилийского и Джунгарского Алатау, Кетменского хребта и хр. Кендыктас, оценивается величиной около 15 м³/с. Средние модули естественных ресурсов находятся в диапазоне 0,5—7 л/с на 1 км², максимальные значения модуля подземного стока, достигающие 22—27 л/с на 1 км², имеют крупнообломочные отложения предгорных шлейфов северных склонов Заилийского и Джунгарского Алатау. Большая мощность и в целом высокие фильтрационные свойства валунно-галечниковых пород обеспечивают формирование в конусах выноса значительных потоков подземных вод (группа Алма-Атинских, Каскеленских, Талгарский и др.).

Основными источниками формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод являются естественные ресурсы и естественные запасы. В долинах рек с постоянно действующим водотоком увеличение эксплуатационных ресурсов возможно за счет привлечения поверхностных вод.

Модули эксплуатационных ресурсов подземных вод для водоносного комплекса четвертичных отложений значительно изменяются по

площади — от 0,2 до 15 л/с на 1 км². Наиболее высокие значения модулей характерны для водоносных аллювиально-пролювиальных отложений, самые низкие — для делювиально-пролювиальных пород. Общая величина эксплуатационных ресурсов подземных вод данного водоносного комплекса достигает 120 м³/с, на долю пресных вод приходится около 100 м³/с (83%). Возможная производительность групповых водозаборов изменяется в широких пределах — от 20 до 1000 л/с.

Эксплуатационные ресурсы водоносного комплекса неогеновых отложений оцениваются величиной около 10 м³/с, из них примерно 90% составляют пресные воды. Модули эксплуатационных ресурсов колеблются от 0,2 до 2,7 л/с на 1 км². Возможная производительность водозаборов 40—100 л/с.

В Балхаш-Алакульской системе артезианских бассейнов распространены главным образом водоносные горизонты четвертичных аллювиально-пролювиальных, озерно-аллювиальных и перекрывающих их эоловых отложений. В долинах рек Или, Каратала, Лепсы, Аксу и их притоков развит водоносный горизонт четвертичных аллювиальных отложений, мощность которого составляет 8—70 м, коэффициент фильтрации пород в среднем равен 2—30 м/сут, водопроводимость изменяется по участкам от 60 до 1700 м²/сут.

Естественные запасы подземных вод распределены неравномерно. Наибольшее их количество (более 260 млрд. м³) содержится в водоносных озерно-аллювиальных песках, развитых на огромной территории площадью свыше 75 тыс. км². Естественные запасы водоносного комплекса четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений составляют более 80 млрд. м³, а суммарные запасы бассейна достигают 350 млрд. м³, из них пресные воды составляют около 170 млрд. м³.

Формирование естественных ресурсов подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, поглощения поверхностных вод из рек, временных водотоков и частично ирригационных. Наиболее интенсивное формирование естественных ресурсов наблюдается в пределах конусов выноса и речных долин. Гидрометрическими исследованиями установлено, что потери воды на фильтрацию только из крупных рек, стекающих с южных склонов хребта Тарбагатай (реки Урджар, Хантысу, Эмель, Каракол, Тасты и др.), составляют около 30 м³/с. В долине р. Или между постами Илийским и Уш-Джарма в рыхлые аллювиальные отложения фильтруется до 7 м³/с, а в долине р. Каратала — 4,2 м³/с речной воды.

Суммарные естественные ресурсы подземных вод Балхаш-Алакульского гидрогеологического района второго порядка оценены в количестве 120 м³/с, из них примерно 70 м³/с формируется в пределах северного и северо-восточного склонов Джунгарского Алатау и предгорной равнины. Модули подземного стока изменяются в следующих пределах: в водоносном горизонте четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений — 2,2—22,5 л/с на 1 км², в четвертичных аллювиальных отложениях 0,6—20 л/с на 1 км² и в озерно-аллювиальных осадках — 0,2—1 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы подземных вод, обеспеченные естественными запасами и подземным стоком (поровну), составляют около 160 м³/с при колебаниях модулей эксплуатационных ресурсов от 0,5 до 12 л/с на 1 км². Наибольшие значения модулей отмечаются в аллювиально-пролювиальных отложениях вблизи области питания, у предгорий горно-складчатых областей, минимальными характеризуются площади развития водоносных делювиально-пролювиальных, озерно-аллювиальных и эоловых отложений.

По степени минерализации преобладают пресные (100 м³/с) воды и слабосолоноватые с минерализацией 1—3 г/л (около 20 м³/с).

Общие эксплуатационные ресурсы подземных вод Балхаш-Алакульской системы артезианских бассейнов распределились между водоносными горизонтами примерно в равном количестве: в четвертичных аллювиальных, аллювиально-пролювиальных и делювиально-пролювиальных отложениях 85 м³/с и в озерно-аллювиальных и перекрывающих их эоловых отложениях около 75 м³/с.

В пределах Балхаш-Алакульского района возможно сооружение сосредоточенных водозаборов с весьма различной производительностью: до 5 л/с в водоносных аллювиальных и делювиально-пролювиальных породах, 10—60 л/с в озерно-аллювиальных и эоловых песках и до 500 л/с в аллювиально-пролювиальных отложениях предгорного шлейфа Джунгарского Алатау.

Зайсанский район второго порядка представляет собой межгорный артезианский бассейн, подземные воды которого формируются за счет атмосферных осадков, выпадающих в области питания на площади 27 тыс. км², поверхностного стока в предгорной зоне и трещинных вод, поступающих со стороны горного обрамления. Интенсивное поглощение поверхностного стока происходит в пределах конусов выноса в южной части района. В северной его части главным источником формирования естественых ресурсов являются атмосферные осадки.

Наибольший практический интерес имеет верхняя зона активного водообмена бассейна, сложенная валунно-галечниковыми и песчано-гравийно-галечниковыми отложениями четвертичного и плиоценового возраста, к которым приурочены гидравлически связанные водоносные горизонты.

Комплекс нерасчлененных четвертичных водоносных, преимущественно аллювиально-пролювиальных отложений распространен в конусах выноса и по долинам наиболее крупных рек района — Курчума, Кальджира, Кендерлыка, Кандысу, Базарки и др. Средняя мощность водоносных отложений составляет 15—30 м, в предгорных прогибах она увеличивается до 100—180 м. Коэффициенты фильтрации пород изменяются от 1 до 40 м/сут, водопроводимость в пределах 50—1000 м²/сут.

Водоносный комплекс плиоценовых отложений, состоящий из прослоев и линз песков и гравийных галечников в толще песчанистых глин, имеет общую мощность от 30—65 м в западной до 100—180 м в северо-восточной и центральной зонах бассейна. Коэффициенты фильтрации отложений чаще всего равны 30—60 м/сут, водопроводимость пород достигает 500—1000 м²/сут.

Естественные ресурсы подземных вод бассейна оцениваются в количестве около 36 м³/с, из них примерно 18 м³/с образуется в процессе инфильтрации атмосферных осадков, 10 м³/с в результате потерь поверхностных вод на фильтрацию в отложения конусов выноса и около 8 м³/с обеспечивается за счет подтока трещинных вод со стороны хребтов Южного Алтая и Самур-Тарбагатая. Наиболее обеспечена естественными ресурсами подземных вод южная часть бассейна, где модуль подземного стока в среднем равен 2 л/с на 1 км², менее обеспечена северная часть, где модуль составляет 0,6 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы определены исходя из сработки естественых запасов подземных вод основного водоносного горизонта четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений в количестве около 30 м³/с. Большую часть эксплуатационных ресурсов составляют пресные воды.

Производительность групповых сооредоточенных водозаборов может достигать нескольких сотен литров в секунду.

Нарынский гидрогеологический район второго порядка представляет собой сложную систему многочисленных артезианских бассейнов во впадинах внутренней части Тянь-Шаня и гидрогеологических массивов, расположенных в бассейне р. Нарын и верховьях долины р. Чу.

Характерной особенностью района является отсутствие благоприятных условий для накопления значительных объемов подземных вод, что связано с глубокой и интенсивной расчлененностью рельефа и в целом сравнительно небольшой мощностью четвертичных отложений. В верхнем этаже артезианских бассейнов потоки грунтовых и реже слабонапорных вод заключены преимущественно в аллювиально-пролювиальных отложениях, мощность которых достигает лишь первых десятков метров. Хорошая водопроницаемость и высокая водообильность рыхлых крупнообломочных пород наблюдается в основном в пределах конусов выноса горных рек, на участках низких аккумулятивных террас и пойм современных речных долин. Местами, например в Алабуга-Нарынском межгорном бассейне, толща четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений вскрыта эрозионными врезами на всю мощность и поэтому слабо обводнена или практически безводна.

В пределах гидрогеологических массивов развиты грунтовые воды открытой трещиноватости в протерозойских и палеозойских гранитных интрузиях, а также в породах терригенной и карбонатной формаций.

Источниками питания подземных вод являются поверхностные, часто временно действующие водотоки, атмосферные осадки и воды подземного потока, движущегося со стороны окружающих горных хребтов.

Вследствие высокой дренированности территории подземные воды развитых в районе водоносных горизонтов и комплексов интенсивно разгружаются в местную гидрографическую сеть. Практически почти весь зимний сток рек формируется за счет подземных вод. Суммарные естественные ресурсы, установленные по расчленению гидрографов рек, составляют около 160 м³/с.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод Нарынского района обеспечиваются главным образом за счет естественных ресурсов и составляют около 150 м³/с. Модуль эксплуатационных ресурсов изменяется в широких пределах — от 0,03 л/с на 1 км² на площади развития слабоводоносных известняков олигоцена—миоцена до 40 л/с на 1 км² для водоносного горизонта аллювиальных гравийно-галечниковых отложений четвертичного возраста. Подземные воды преимущественно пресные и могут быть использованы путем каптирования родников или строительства водозаборов с возможной производительностью от 20 до 200 л/с.

Аналогичные условия формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод наблюдаются и в других впадинах внутренней части Тянь-Шаня, таких, как группа Сарыджаз-Аксайских бассейнов. Общие естественные запасы водоносного комплекса четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений достигают здесь 66 млрд. м³, из них 50 млрд. м³ приходится на наиболее крупный Аксайский бассейн. Естественные ресурсы составляют около 40 м³/с. Эксплуатационные ресурсы оцениваются в количестве примерно 60 м³/с, большую часть из них представляют пресные воды.

Таласский гидрогеологический район второго порядка включает межгорные впадины в бассейне р. Талас, собственно долину этой реки и Талас-Ассинский конус выноса.

Преобладающее распространение по площади имеет водоносный горизонт четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений, представленный валунно-галечниками, гравийно-галечниками и гравелистыми песками с прослоями галечников. Общая мощность толщи водосодержащих пород достигает 300—500 м. Наиболее водообильной является верхняя зона отложений средней мощностью до 50 м. Коэффициенты фильтрации пород составляют 10—70 м/сут, водопроводимость достигает 1000—1500 м²/сут.

В формировании естественных ресурсов подземных вод большое значение имеет поглощение поверхностного стока рек и инфильтрация атмосферных осадков. Например, сток р. Талас почти полностью теряется по пути движения. Фильтрация поверхностных вод в аллювий только в нижней части долины оценивается величиной в 4—5 м³/с.

В толще четвертичных главным образом аллювиально-пролювиальных отложений накоплены значительные естественные запасы подземных вод, равные примерно 100 млрд. м³. Естественные ресурсы подземных вод достигают 75 м³/с при модулях подземного стока, равных 0,6—8 л/с на 1 км². Наибольшие модули естественных ресурсов отмечаются в пределах Талас-Ассинского конуса выноса. Общая величина родникового стока в предгорной зоне составляет 9 м³/с.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод примерно на 40% обеспечиваются естественными запасами и на 60% — естественными ресурсами. Подавляющую часть их (около 90%) составляют пресные воды. Возможная производительность сосредоточенных водозаборов достигает 1 м³/с.

Чуйский артезианский бассейн приурочен к одной из крупнейших межгорных впадин, выполненных мощной толщей рыхлых отложений четвертичного и неоген-палеогенового возраста. Наибольшее практическое значение имеет водоносный комплекс четвертичных отложений, мощность которого достигает 300—500 м и более. Основными водоносными горизонтами, которые используются для крупного централизованого водоснабжения, являются горизонты четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений подгорного шлейфа и аллювиально-пролювиальной равнины и аллювиальных образований долины р. Чу.

По условиям формирования естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод в пределах Чуйского артезианского бассейна выделяются четыре зоны. Первая зона является областью формирования подземных вод верхнего этажа бассейна и включает лево- и правобережные подгорные шлейфы слившихся конусов выноса горных рек северного склона Киргизского хребта и долину р. Чу выше г. Токмака. Водоносные пролювиально-аллювиальные отложения от крупнообломочных валунных галечников до сложно переслаивающихся щебня, песка, глины, дресвы и гальки с супесчано-суглинистым материалом (левобережный шлейф) имеют мощность от 50 до 300 м при общей мощности отложений 150—450 м. Водопроводимость пород изменяется в среднем от 700 до 6000 м²/сут. Источниками питания подземных вод служат поверхностные воды рек и каналов на предгорном шлейфе, атмосферные осадки и воды подземного потока, движущегося от гипсометрически вышерасположенных массивов палеозойских пород.

Вторая зона, где происходит выклинивание грунтовых и самоизлив напорных вод, характеризуется развитием прослоев галечников, песков и песчано-гравийных осадков среди суглинков. Суммарная мощность водоносных пород колеблется от нескольких до десятков метров, реже до 100 м и больше, водопроводимость их изменяется от 50 до 700 м²/сут. В питании подземных вод участвуют оросительные воды и атмосферные осадки.

Третья зона — зона транзита подземного стока и напорных вод без самоизлива — включает северную часть слабонаклоненной равнины и увалисто-долинного рельефа левобережья Чуйской впадины. Водоносность пород, представленных преимущественно суглинками с прослоями и линзами песков, гравийно-песчаных и реже галечниковых образований, в целом низкая. При суммарной мощности водоносных прослоев, равной обычно 20—30 м, и мощности суглинков до 100 м и более водопроводимость пород составляет 20—150 м²/сут. Питание подземных вод происходит за счет потерь на фильтрацию ирригационных вод и атмосферных осадков.

Четвертая зона включает собственно долину р. Чу, являющуюся региональной естественной дреной бассейна. В составе аллювиальных отложений общей мощностью 100—180 м содержатся галечники, пески, песчано-гравийные породы с прослоями суглинков и глин. Степень водоносности пород весьма различная, водопроводимость пород изменяется от величины менее 50 до 1500 м²/сут. Основную роль в формировании подземных вод играют поверхностные воды орошаемых площадей и атмосферные осадки.

Естественные запасы подземных вод толщи рыхлых четвертичных пролювиально-аллювиальных отложений Чуйского бассейна определены в объеме около 300 млрд. м³, естественные ресурсы подземных вод, по данным гидродинамических расчетов, составляют 76 м³/с. Модули подземного стока в низовьях долины р. Чу изменяются в пределах 1,7—3 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы обеспечиваются за счет естественных ресурсов и естественных запасов. Некоторую роль в формировании эксплуатационных ресурсов играют искусственные ресурсы, в основном фильтрационные потери оросительных вод (35 м³/с) и привлекаемые ресурсы (22 м³/с), соответствующие возможной производительности инфильтрационных водозаборов. Модули эксплуатационных ресурсов в зависимости от водопроводимости пород изменяются от 2 до 19 л/с на 1 км². Максимальными значениями модулей характеризуются водоносные галечники слившихся конусов выноса горных рек северного склона Киргизского хребта и долины р. Чу.

В зависимости от места заложения производительность сосредоточенных водозаборов может изменяться от десятков литров в секунду во второй и третьей зонах бассейна до нескольких сотен и даже 1000 л/с на некоторых участках долины р. Чу и конусов выноса предгорного шлейфа.

Восточно-Тянь-Шаньский и Джунгаро-Алатауский район второго порядка представлен системой бассейнов трещинных вод в пределах низко-, средне- и высокогорных склонов и мелких межгорных впадин; в последних иногда образуются самостоятельные артезианские бассейны (Каратальский, Терс-Ащибулакский, Текесский, Кугалинский, Джаланашский и др.). Подземные воды связаны с зоной трещиноватости допалеозойских и палеозойских пород, слагающих горные хребты, а также с рыхлыми аллювиальными и аллювиально-пролювиальными образованиями четвертичного возраста, выполняющими мелкие впадины и долины горных рек. Породы докембрия и палеозоя, представленные гранитоидами и различными осадочными, эффузивно-осадочными и местами закарстованными карбонатными породами, часто интенсивно метаморфизованы, дислоцированы, разбиты трещинами выветривания и разрывных нарушений.

Подземные воды формируются за счет атмосферных осадков и талых вод ледников. Дренирование их осуществляется в реки по горным долинам и ущельям, часть естественных ресурсов в виде подзем-

ного стока глубокой циркуляции участвует в питании подземных вод прилегающих артезианских бассейнов. Из общего количества влаги, выпадающей на северном склоне Заилийского Алатау, примерно 60% расходуется на поверхностный сток и подземный сток в реки, 35% — на испарение и транспирацию и лишь 5—10% идет на глубокую циркуляцию. Для горных склонов, сложенных закарстованными известняками и доломитами (юго-западный склон Каратау), отмечается увеличение до 20% подземного стока, поступающего на большие глубины, за счет некоторого сокращения поверхностного и подземного стоков в реки (35—40%).

Общие естественные ресурсы подземных вод района, определенные в основном путем расчленения гидрографов рек для средне- и высокогорных массивов или по величине инфильтрации атмосферных осадков для низкогорных и мелкосопочных массивов, равны примерно 380 м³/с, из них подземный сток в реки составляет около 280 м³/с. Средневзвешенные значения модулей подземного стока в реки изменяются в широких пределах — от 0,15 до 14 л/с на 1 км². Максимальные величины модуля подземного стока для отдельных массивов достигают 20—120 л/с на 1 км². При этом наблюдается закономерное увеличение средних значений модулей от подножий горных массивов к их водоразделам от 3 до 10 л/с на 1 км² на северном склоне Заилийского Алатау и от 1 до 5 л/с на 1 км² в Джунгарском Алатау.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод оценены по некоторым системам бассейнов трещинных вод для водоносных горизонтов четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений межгорных впадин и речных долин, а также для водоносного комплекса трещиноватых палеозойских пород. В первом случае учтены сработка естественных запасов и привлечение подземного стока, во втором — в основном естественные ресурсы подземных вод.

Водоносный горизонт четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений по отдельным впадинам характеризуется следующими пределами средних значений параметров: мощность 20—55 м, коэффициент фильтрации 10—250 м/сут, водопроводимость 200—8000 м²/сут. Модули эксплуатационных ресурсов колеблются по участкам от 2 до 26 л/с на 1 км², наибольшие величины характерны для малых артезианских бассейнов межгорных впадин Джунгарского Алатау.

Эксплуатационные ресурсы толщи четвертичных отложений составляют около 55 м³/с, а трещинных вод — 50 м³/с. Возможная производительность сосредоточенных водозаборов весьма различная, в крупных впадинах с мощной толщей рыхлых аллювиально-пролювиальных осадков до 500—1000 л/с, в более мелких впадинах 10—50 л/с. Водозаборы, базирующиеся на трещинных и трещинно-карстовых водах, могут иметь производительность от первых десятков до нескольких сотен литров в секунду.

Западный Тянь-Шань

Территория Западного Тянь-Шаня характеризуется высокой обеспеченностью подземными водами. Естественные ресурсы всех межгорных артезианских бассейнов (Ферганского, Приташкентского, Южно-Таджикского, Зеравшанского) и Западно-Тянь-Шаньской сложной системы бассейнов трещинных вод оцениваются величиной около 1370 м³/с. Эксплуатационные ресурсы подземных вод составляют примерно 1030 м³/с (табл. 16).

Из всех межгорных впадин Средней Азии и Казахстана самые крупные запасы подземных вод содержатся в Ферганском арте-

Таблица 16

Ресурсы подземных вод Западного Тянь-Шаня и Памира

Район (возраст водовмещающих пород)	Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов л/с на 1 км²
	естественные	эксплуатационные		
		всего	восполняемые	
Западный Тянь-Шань				
Ферганский артезианский бассейн (четвертичный)	500	450	370	2—130
Приташкентский артезианский бассейн (четвертичный)	240	220	190	1—110
Южно-Таджикский артезианский бассейн (четвертичный)	165	120	70	1—40
Зерафшанский артезианский бассейн (четвертичный)	135	110	80	1—72
Западно-Тяньшаньский бассейн трещинных вод (палеозойский)	330	30	20	0,6—19
Всего по району Западного Тянь-Шаня	1370	1030*	730	
Памир				
Восточный Памир (палеозойский, докембрийский)	20			
Западный Памир (палеозойский, докембрийский)	140			
Всего по району Памира	160			
Всего по Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирской гидрогеологической области	2560	1890	1300	

* В том числе ресурсы пресных вод составляют 880 м³/с.

зианском бассейне, представляющем сложную систему бассейнов и гидрогеологических массивов в окружающих горных сооружениях.

В пределах бассейна развит ряд мощных водоносных комплексов с грунтовыми и напорными водами. По периферии Ферганской впадины распространен водоносный комплекс четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений. В брахиантиклинальных структурах предгорной зоны (адырах) он представлен конгломератами мощностью до 300 м. В межадырных, заадырных впадинах и в долинах, пересекающих адыры, мощность водоносных пород возрастает на 15—50 м за счет галечников голодностепского комплекса, обладающих наибольшей водопроницаемостью. Коэффициенты фильтрации верхней толщи четвертичных отложений мощностью до 100 м изменяются в широких пределах — от 3 до 190 м/сут. Водопроводимость пород колеблется от 300 м²/сут до нескольких тысяч квадратных метров в сутки. Ухудшение фильтрационных свойств пород наблюдается в периферийных частях конусов выноса, где толща галечников содержит прослои суглинков.

Водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений, развитый в долинах рек Карадарьи, Нарына и Сырдарьи, в центральной части бассейна имеет мощность до 500 м. Водопроницаемость гравийно- или песчано-галечниковых пород высокая. Коэффициенты фильтрации составляют 20—60 м/сут.

Основным источником питания водоносных комплексов аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений являются поверхностные воды, поступающие в Ферганскую котловину с окружающих гор. В некоторых впадинах (Ош-Араванской и др.) значительную роль в формировании естественных ресурсов подземных вод четвертичного комплекса играет подземный сток из гипсометрически приподнятых палеозойских пород. Определенное значение в питании грунтовых вод имеет инфильтрация оросительных вод в пределах ирригационных систем.

Разгрузка потоков подземных вод происходит во внутренних частях бассейнов путем перетекания из нижних горизонтов в верхние, в виде восходящих родников, дренирования реками, отвода вод коллекторно-дренажной сетью, испарения и транспирации.

В Ферганской впадине заключены естественные запасы подземных вод в количестве около 230 млрд. м³, из них подавляющую часть составляют пресные воды. Естественные ресурсы подземных вод всего артезианского бассейна и примыкающих бассейнов трещинных вод, входящих в общий бассейн стока, оцениваются по инфильтрации атмосферных осадков и расчленению гидрографов поверхностных водотоков величиной около 500 м³/с. Модули естественных ресурсов в зоне адыров равны 1,8—2,6 л/с на 1 км², в равнинной зоне отдельных впадин и речных долин они изменяются в весьма широких пределах — от 4 до 130 л/с на 1 км². Суммарный расход подземных вод, выклинивающихся в поверхностные водотоки, равен примерно 300 м³/с.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод в общем количестве 450 м³/с обеспечиваются в основном за счет естественных ресурсов и примерно на 15—20% за счет естественных запасов (75—80 м³/с). Подавляющую часть эксплуатационных ресурсов составляют пресные воды. Модули эксплуатационных ресурсов колеблются от 2 до 2,5 л/с на 1 км² в зоне адыров до 50—130 л/с на 1 км² в конусах выноса и речных долинах центральной зоны бассейна.

Наиболее благоприятными местами для заложения водозаборов являются участки развития галечников голодностепского комплекса, особенно выше зоны естественной разгрузки подземных вод. Производительность сосредоточенных групповых водозаборов может составлять от нескольких сотен литров в секунду до 3 м³/с в вершинных частях конусов выноса, в крупных заадырных и межадырных впадинах. Дебиты одиночных скважин изменяются от 5 до 100 л/с.

Приташкентский артезианский бассейн, расположенный в одноименной впадине на границе горно-складчатой и платформенной областей, занимает аллювиально-пролювиальную предгорную равнину с вложенными в нее широкими современными аллювиальными долинами рек Сырдарьи, Чирчика и Ахангарана.

Основные эксплуатационные ресурсы подземных вод сконцентрированы в водоносных комплексах четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложениях, представленных галечниками, валунными галечниками, конгломератами, гравийно-песчаными и супесчано-суглинистыми породами.

Мощность аллювиальных галечников весьма различна: в долине Ахангарана она изменяется в пределах 10—150 м, в долине Чирчика — 60—90 м, а общая мощность аллювия — от 240 до 470 м. В долине Сырдарьи мощность речных отложений изменяется от 130 до 200—240 м. Фильтрационные свойства пород в целом ухудшаются от верховий к низовьям долин, от их центров к бортам и на глубину. Например, современные галечники в верхней части долины Ахангарана имеют коэффициенты фильтрации до 400—1000 м/сут, верхнечетвертичные га-

лечники — до 170—500 м/сут; в низовьях долины коэффициенты фильтрации снижаются до 50—100 м/сут в современных и до 9—25 м/сут в верхнечетвертичных отложениях. В долине Чирчика коэффициенты фильтрации толщи галечников в среднем уменьшаются от 200 м/сут в верховьях до 17—50 м/сут в нижней части долины.

Мощность аллювиально-пролювиального водоносного комплекса в пределах конусов выноса и долин временных водотоков достигает 100—140 м. В низовьях долин Чирчика и Ахангарана общая мощность комплекса, представленного лёссовидными суглинками с прослоями галечника, гравия, песка и щебня, увеличивается до 300—380 м. В этих прослоях формируются горизонты напорных вод. Водопроницаемость суглинистых образований незначительная, коэффициенты фильтрации колеблются от 0,2 до 2 м/сут. Коэффициент фильтрации галечниковой толщи в среднем равен 50 м/сут.

В формировании ресурсов подземных вод бассейна принимают участие многие составляющие, в том числе приток трещинных вод со стороны горных сооружений, поглощение поверхностных вод из основных рек, их притоков и оросительной сети, инфильтрация атмосферных осадков в зимне-весенний период года и перетекание подземных вод из нижележащих горизонтов неогеновых отложений. Главными источниками питания подземных вод являются инфильтрация речного стока и потери на фильтрацию вод из ирригационной сети.

Потоки подземных вод долин боковых притоков и конусов выноса, сливаясь с подземными потоками основных долин, направляются к региональному базису стока — долине Сырдарьи. Значительная часть подземных вод выклинивается при этом в виде многочисленных родников, увеличивая поверхностный сток, а также расходуется на испарение и транспирацию. Грунтовые воды, дающие начало родниковым речкам (карасу), в свою очередь часто используются на орошение. В долинах рек Чирчика и Ахангарана наблюдается попеременное питание и дренирование грунтовых вод реками, зоны выклинивания подземных вод сменяются участками погружения подземных потоков.

Общие естественные ресурсы подземных вод Приташкентского артезианского бассейна определяются значительной величиной, равной 240 м³/с. Модули естественных ресурсов колеблются от 1 л/с на 1 км² (Каракольский массив) до 120 л/с на 1 км² в долине р. Чирчика. Примерно 40% естественных ресурсов, или около 100 м³/с, выклинивается в поверхностные водотоки.

Формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод обеспечивается преимущественно естественными ресурсами (190 м³/с) и лишь на 10—15% естественными запасами (30 м³/с). В зависимости от условий питания и степени водоносности пород модули эксплуатационных ресурсов составляют от 1—2 л/с на 1 км² на Каракольском и Пскентском массивах до 60—110 л/с на 1 км² на некоторых участках в долинах Ахангарана и Чирчика.

Возможная производительность групповых водозаборов на лево- и правобережных конусах выноса долины Чирчика составляет первые десятки литров в секунду, в долинах основных водных артерий (Чирчика и Ахангарана) суммарные дебиты водозаборов могут достигать 1—2 м³/с.

Южно-Таджикский сложный артезианский бассейн включает ряд межгорных депрессий, расположенных на территории Таджикской ССР и Узбекской ССР (Бишкентская, Обикиинская, Яванская, Дангаринская, Таштаватская, Аузикенсайская, Сурхандарьинская и Байсунская).

Преимущественно аллювиальные отложения развиты в долинах Сурхандарьи, Амударьи, на обширных равнинах в низовьях рек Кафирниган, Вахша, Пянджа, Яхсу, Кызылсу и в Гиссарской долине. Суммарная мощность галечников, местами с прослоями и линзами песков, суглинков, песчаников, реже конгломератов в Вахшской долине превышает 500 м, в долине Сурхандарьи достигает 300—400 м, Амударьи — до 600—650 м. Различие в литологическом составе аллювиальных отложений сказалось на величинах коэффициентов фильтрации, которые в Гиссарской, Кафирниганской и Пянджской долинах достигают 40—100 м/сут и более, а в долинах Амударьи, Вахша, Яхсу и Кызылсу составляют 10—30 м/сут.

Аллювиально-пролювиальные отложения мощностью от 100 до 300 м и более слагают межгорные впадины, конусы выноса ряда рек, межконусные предгорные пространства и Кызырыкдарьинскую равнину. Литологический состав пород пестрый. В вершинной части конусов выноса развиты галечники, в центральной и периферийной зонах — переслаивающиеся суглинки, супеси, пески, галечники и местами глины. Коэффициенты фильтрации пород в целом сравнительно невысокие — от 0,2 до 12 м/сут, лишь в вершинах конусов выноса рек Вахша и Яхсу коэффициенты фильтрации галечников возрастают до 100 м/сут и более.

Источниками формирования ресурсов подземных вод бассейна являются речные воды, особенно в период паводков, подземные воды, поступающие со стороны предгорий, инфильтрационные атмосферные осадки и ирригационные воды на орошаемых массивах. Разгрузка подземных вод происходит в реки, например в Амударью, бо́льшую часть года дренирующую водоносные горизонты, путем выклинивания родников с образованием заболоченных площадей, а также в виде испарения и транспирации.

Естественные ресурсы подземных вод бассейна оценены раздельно для четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений в количестве 80 м^3/с, неоген-палеогеновых и мезозойских пород, участвующих в строении Южно-Таджикской депрессии, примерно в 50 м^3/с и палеозойских пород горного обрамления в количестве около 35 м^3/с. Суммарные естественные ресурсы составляют около 165 м^3/с, из них примерно 20 м^3/с определены по величине подземного стока в реки.

Модули эксплуатационных ресурсов четвертичных отложений изменяются от 1 до 40 л/с на 1 км^2. Наибольшие их значения относятся к площадям развития галечников современых долин и вершинным частям конусов выноса. Почти все количество эксплуатационных ресурсов приходится на пресные воды с минерализацией до 1 г/л. Исходя из фактических дебитов одиночных скважин (10—50 л/с), можно считать, что производительность сосредоточенных групповых водозаборов будет от 100 до 500—1000 л/с.

Зеравшанский артезианский бассейн в геоструктурном отношении представляет собой грабен-синклиналь, осложненную крупными разрывными нарушениями почти широтного простирания. Наиболее изучены в пределах бассейна подземные воды, приуроченные к толще четвертичных отложений. Аллювиальные образования, слагающие конус выноса и долину р. Зеравшана, имеют общую мощность от 40—50 м ниже слияния Карадарьи и Акдарьи до 1000—1200 м в центральной части бассейна. Высокими фильтрационными свойствами обладают лишь галечники сырдарьинского комплекса, мощность которых около 70 м. Залегающие ниже галечники ташкентского и голодностепского комплексов мощностью более 500 м уплотнены и менее про-

ницаемы. В разрезе аллювиальных отложений реки встречаются прослои и линзы глин и суглинков.

Водоносный комплекс четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений имеет пестрый литологический состав и суммарную мощность до 300 м. В разрезе участков, прилегающих к горным массивам, преобладают крупнообломочные щебнисто-галечниковые образования, в периферийных частях предгорной равнины развиты в основном суглинистые отложения.

Коэффициенты фильтрации галечников и валунно-галечников конуса выноса в среднем составляют 100—200 м/сут, гравийно-галечниковых отложений террас р. Зеравшана — 12—17 м/сут и песчано-гравийно-галечниковых прослоев в толще суглинков предгорной равнины — всего 5—6 м/сут.

Формирование ресурсов подземных вод бассейна обеспечивается фильтрацией поверхностных вод из рек, каналов на полях орошения, подземным притоком со стороны предгорных равнин и частично инфильтрацией атмосферных осадков.

Суммарные естественные ресурсы артезианского бассейна равны примерно 135 м³/с, из них 60 м³/с определены по выклиниванию в поверхностные водотоки и 75 м³/с — по величине питания за счет других источников. Только по меридиану г. Самарканда расход сосредоточенных очагов разгрузки подземных вод, дающих начало карасу, достигает 32 м³/с. Модули естественных ресурсов на предгорной равнине составляют 1,5—2,0 л/с на 1 км², в зоне развития третьей террасы — около 13—14 л/с на 1 км², в пределах конуса выноса и основной долины Зеравшана — от 15 до 90 л/с на 1 км².

Модули эксплуатационных ресурсов колеблются в пределах 1—3 л/с на 1 км² на предгорной равнине и 8—72 л/с на 1 км² в долине Зеравшана. Среди эксплуатационных ресурсов преобладают пресные воды, остальные приходятся на подземные воды с минерализацией до 2 г/л. Производительность сосредоточенных водозаборов в рассматриваемом районе может изменяться от 100—200 л/с на предгорной равнине до 1—2 м³/с на конусе выноса и в долине Зеравшана.

Западно-Тянь-Шаньский гидрогеологический район второго порядка представляет собой сложную систему бассейнов трещинных и местами трещинно-карстовых вод в пределах горных массивов, разделенных сравнительно небольшими внутригорными впадинами и речными долинами. Гидрогеологические условия района изучены неравномерно и в целом недостаточно.

В геологическом строении района принимают участие весьма различные по генезису и литологии породы преимущественно палеозойского возраста (известняки, песчаники, сланцы, конгломераты, эффузивно-осадочные и интрузивные). Подземные воды приурочены к зоне региональной трещиноватости пород мощностью до 50—80 м, связанной с выветриванием пород и тектоническими нарушениями. Мощность зоны интенсивной трещиноватости и кавернозности известняков достигает 100—150 м. Коэффициент трещиноватости изменяется от 0,4 до 5%.

Питание трещинных и трещинно-карстовых вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков.

В связи с большой расчлененностью рельефа и сильной дренированностью территории естественные запасы их ограничены. Подземные воды выклиниваются в виде многочисленных родников, дебиты которых изменяются в широких пределах — от сотых—десятых долей литра в секунду до 80—250 л/с, но в среднем не превышают 10 л/с. Выходы

наиболее мощных родников приурочены к крупным тектоническим нарушениям или связаны с большими карстовыми пустотами.

Естественные ресурсы подземных вод палеозойских пород в пределах горных сооружений Западного Тянь-Шаня, подсчитанные по величине инфильтрации атмосферных осадков и расчленению гидрографов рек, составляют примерно 310 м³/с при модулях подземного стока 0,2—13 л/с на 1 км².

В пределах мелких внутригорных впадин, выполненных толщей аллювиальных и аллювиально-пролювиальных галечников, песков, гравелитов, конгломератов и суглинков общей мощностью от 10 до 380 м, формируются горизонты грунтовых и напорных вод. В зависимости от наличия в разрезе конгломератов и суглинков, снижающих фильтрационные свойства пород, коэффициенты фильтрации изменяются от 1 до 40 м/сут.

В формировании ресурсов подземных вод участвуют инфильтрационные атмосферные осадки, поглощенные воды поверхностных водотоков и трещинные воды подземного потока со стороны гор. Суммарные естественные ресурсы водоносного комплекса четвертичных отложений определены в количестве 20 м³/с при значениях модуля подземного стока от 0,6 до 14 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы пресных вод оцениваются величиной в 30 м³/с, из них 20 м³/с обеспечиваются естественными ресурсами, а остальные — естественными запасами. Модули эксплуатационных ресурсов по отдельным впадинам и речным долинам колеблются от 0,6 до 19 л/с на 1 км².

Трещинные воды палеозойских пород могут использоваться путем каптирования родников и бурения одиночных скважин, особенно в зонах разломов, с дебитами до 10—20 л/с. Большую производительность (до 200—300 л/с) могут иметь групповые водозаборы, заложенные в речных долинах, внутригорных впадинах или на массивах закарстованных известняков.

Памир

Памир, занимающий территорию общей площадью 78 тыс. км², в гидрогеологическом отношении рассматривается как массив трещинных вод, сложенный разнообразными по литологическому составу породами докембрия, палеозоя и мезозоя, в верхней части которых формируются главным образом гидравлически связанные горизонты трещинно-грунтовых вод. Сложное строение массива, наличие приподнятых и опущенных блоков привело к образованию в его пределах бассейнов трещинных вод, занимающих высокое гипсометрическое положение, и артезианских бассейнов, приуроченных к толще осадочных пород грабен-синклиналей.

Благодаря интенсивной расчленённости рельефа рассматриваемая территория характеризуется развитием родников с преобладающими дебитами меньше 1 л/с в высокогорной пустынной зоне Восточного Памира и от 1 до 10 л/с в пределах Западного Памира (Дарваза и Бадахшана). Естественные запасы подземных вод района ввиду их незначительной величины и слабой изученности не оценивались. Основное значение имеют естественные ресурсы пресных подземных вод, формирование которых происходит в соответствии с климатическими особенностями Памира. В условиях холодных пустынь Восточного Памира при годовой норме атмосферных осадков не более 70 мм, высокой испаряемости и широком развитии слабопроницаемых многолетнемерзлых пород ресурсы подземных вод формируются исключительно за счет по-

верхпостных вод. Связаны они в основном со сквозными и несквозными таликами в аллювиальных и озерных отложениях речных долин и озерных котловин, а также в глыбовом делювии докембрийских, палеозойских, мезозойских и палеоген-неогеновых образований. Модуль естественных ресурсов подземных вод для пород четвертичного возраста изменяется от 0,2 до 1,5 л/с на 1 км², в среднем составляет около 0,7 л/с на 1 км². Суммарные естественные ресурсы отложений данного комплекса оцениваются примерно в 20 м³/с.

В условиях Западного Памира, где годовая сумма осадков в среднем составляет 500—600 мм, формирование естественных ресурсов трещинных вод и подчиненных им вод четвертичных отложений происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, талых вод снега и льда. Модуль естественных ресурсов водоносного комплекса осадочных, метаморфических и изверженных пород находится в пределах 2,5—7,5 л/с на 1 км², средний модуль равен примерно 3 л/с на 1 км². Суммарные естественные ресурсы подземных вод докембрийских и палеозойских образований определены приближенно в количестве 140 м³/с. Естественные ресурсы подземных вод всего Памира оцениваются ориентировочно в 160 м³/с. Подземные воды Памира, дренируемые многочисленными родниками, используются для водоснабжения населенных пунктов, горнодобывающих предприятий и обводнения пастбищ отгонного животноводства.

Центрально-Казахстанская гидрогеологическая складчатая область

Центрально-Казахстанская гидрогеологическая складчатая область представляет собой крупную гидрогеологическую структуру, содержащую преимущественно трещинные воды. На общем фоне маловодообильных пород здесь выделяются более водообильные потоки грунтовых и слабонапорных подземных вод речных долин и отдельные бассейны трещинно-карстовых и трещинно-пластовых вод, приуроченные к локальным синклинальным и антиклинальным структурам.

Основными водоносными горизонтами и комплексами, представляющими практический интерес для городского, промышленного, сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения пастбищных угодий, являются: водоносный горизонт аллювиальных и аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений, водоносный комплекс преимущественно карбонатных фаменских и турнейских отложений, подземные воды трещинных зон палеозойских, протерозойских, архейских пород и разновозрастных интрузий.

Общие естественные ресурсы подземных вод Центрально-Казахстанской области, подсчитанные по данным балансовых исследований, наблюдений за режимом подземных вод на опытных участках или по величине минимального речного стока, составляют приблизительно 260 м³/с. Наибольшими модулями естественных ресурсов (до 3 л/с на 1 км²) обладают водоносный горизонт четвертичных аллювиальных отложений в долинах рек и водоносный комплекс преимущественно карбонатных отложений девона—карбона, находящихся в благоприятных условиях питания, особенно в районах низкогорных массивов и на окаймляющих площадях мелкосопочника. Большая часть территории гидрогеологической области характеризуется низкими значениями модулей естественных ресурсов, изменяющимися в пределах 0,1—0,5 л/с на 1 км². Весьма малые величины модулей (менее 0,1 л/с на 1 км²) имеют площади регионального развития слабопроницаемых пород в пределах равнин и внутренних впадин.

Естественные запасы подземных вод основных водоносных горизонтов оцениваются в количестве около 270 млрд. м³, из них на долю пресных и слабосолоноватых вод с минерализацией до 3 г/л приходится примерно 168 млрд. м³ (62%). Максимальные естественные запасы (до 2,9—5,7 млн. м³ на 1 км²) содержатся в водоносных горизонтах четвертичных и палеогеновых аллювиальных отложений современных и древних погребенных долин, конгломерато-песчаниковой толще Карагандинского артезианского бассейна, а также в бассейнах трещинно-карстовых вод девон-карбоновых структур.

Преобладающая часть территории (более 60%), в пределах которой развиты трещинные подземные воды в архейских, протерозойских, палеозойских породах и разновозрастных интрузиях, характеризуется естественными запасами от 0,15 до 0,6 млн. м³ на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы подземных вод Центрально-Казахстанской области в количестве около 210 м³/с (табл. 17) обеспечиваются за счет сработки естественных запасов (около 60 м³/с) и привлечения естественных ресурсов (примерно 150 м³/с). Формирование эксплуатационных ресурсов водоносных горизонтов четвертичных аллювиальных отложений долин рек происходит преимущественно за счет естественных запасов подземных вод с последующим восполнением речными водами в период весенних паводков, особенно в многоводные годы. По-

Таблица 17

Ресурсы подземных вод
Центрально-Казахстанской гидрогеологической складчатой области

Водоносные горизонт, комплекс	Ресурсы подземных вод, м³/с					Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Использование подземных вод		Утвержденные ТКЗ, ТкЗ запасы подземных вод	
	естественные	эксплуатационные					м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
		минерализация воды, г/л		всего	восполняемые					
		до 1	более 1							
Водоносный горизонт аллювиальных и аллювиально-пролювиальных преимущественно четвертичных отложений	103	36	33	69	43	0,35—4,7	5	8	21	32
Водоносный комплекс юрских отложений	0,8	0,8	0,7	1,5	0,8	1,3 (среднее)	0,9	60	0,9	60
Водоносный комплекс преимущественно карбонатных фаменских и турнейских отложений	16	22	10	32	16	0,4—3,2	До 2,2	7	8	28
Подземные воды палеозойских, протерозойских, архейских пород и разновозрастных интрузий	140	87	21	108	90	0,06—0,65	До 3,6	3	0,3	0,3
Всего	260	146	65	210	150		12	6	30	15

верхностные воды, в основном паводковые, участвуют также в формировании ресурсов подземных вод допалеозойских и палеозойских пород на участках их вскрытия реками и временными водотоками. Главным региональным источником питания грунтовых вод при неглубоком залегании их уровня и отсутствии или небольшой мощности слабопроницаемого суглинистого покрова являются атмосферные осадки, преимущественно снеготалые и весенние дождевые воды. Инфильтрация атмосферных осадков происходит на площадях развития всех водоносных горизонтов и комплексов, на участках их выхода на дневную поверхность. Особое значение она имеет для формирования ресурсов трещинных подземных вод, приуроченных к зонам выветривания и тектоническим нарушениям допалеозойских и палеозойских пород, так как ввиду малой мощности зоны эффективной трещиноватости и низкой водоотдачи пород естественные запасы их ничтожны.

Сработка естественных запасов и частичное их восполнение за счет атмосферных осадков обеспечивают в ряде случаев значительные эксплуатационные ресурсы трещинных и трещинно-карстовых вод в синклинальных и антиклинальных структурах, сложенных в основном известняками, доломитами и песчаниками девона—карбона. Наиболее благоприятные условия для инфильтрации снеготалых и дождевых вод наблюдаются в сводовых частях антиклинальных структур, где породы обладают максимальной трещиноватостью и закарстованностью, обеспечивающих повышенную производительность водозаборов. Формируемые в пределах карбоновых структур естественные ресурсы подземных вод в условиях, не нарушенных эксплуатацией, расходуются на испарение, транспирацию растительностью и подземный сток по зонам тектонических нарушений. Снижение уровня грунтовых вод в результате водоотбора приводит к уменьшению испарения и транспирации, благодаря чему значительная часть естественных ресурсов привлекается к водозаборам и участвует в формировании производительности эксплуатационных запасов.

Своеобразие геологического строения и орографических условий Центрально-Казахстанской складчатой области, связанное с частым чередованием разновозрастных отложений и развитием различных форм рельефа (холмов, гряд, сопок, низкогорных массивов с межсопочными понижениями, долинами и обширными равнинами), обусловило пестроту химического состава и минерализации подземных вод. Пресные воды приурочены в основном к областям интенсивного водообмена, совпадающим с низкогорными и межгорными массивами, площадями развития мелкосопочника и речными долинами.

Из общих эксплуатационных ресурсов около 70% приходится на пресные воды, остальное количество их по степени минерализации воды распределяется следующим образом: 1—3 г/л — 43 м³/с (21%), более 3 г/л — 18 м³/с (9%) (см. табл. 17). Преобладающее количество эксплуатационных ресурсов подземных вод, перспективных для крупного централизованного водоснабжения, сосредоточено на месторождениях речных долин и ограниченных структур с трещинными и трещинно-карстовыми водами девон-карбоновых отложений.

В целом на территории Центрально-Казахстанской гидрогеологической складчатой области утвержденные ГКЗ и ТКЗ эксплуатационные запасы подземных вод преимущественно по двум наиболее перспективным водоносным горизонтам — в аллювиальных отложениях речных долин и известняках девон-карбоновых структур — по сумме всех категорий равны 30 м³/с. Использование подземных вод достигает 10—12 м³/с (см. табл. 17).

Рассматриваемая территория имеет неравномерную и в целом недостаточную обеспеченность эксплуатационными ресурсами подземных вод. Наилучшие условия обеспеченности эксплуатационными ресурсами наблюдаются в долинах рек, преимущественно в среднем течении, а также в отдельных бассейнах трещинно-карстовых вод, особенно в зоне развития брахиантиклинальных структур Джезказган-Улутауского района. Весьма слабо обводнены палеозойские породы в северном, юго-западном и юго-восточном районах.

Водоносный горизонт аллювиальных и аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений приурочен к долинам рек Нуры, Шерубайнуры, Токрау, Сарысу, Ишима, Жамши, Жарлы, Аягуза, Баканаса, Чар и другим более мелким, а также к наклонным предгорным равнинам (Абаевская) и некоторым впадинам (Чиликтинская), выполненным толщей песчано-гравийно-галечниковых осадков, местами с валунами, дресвой, щебенкой, супесью. Мощность водоносного горизонта изменяется от 2 м в верховьях долин до 20 м, реже 45 м в их низовьях или среднем течении. Водоотдача пород колеблется незначительно — от 0,15 до 0,23, коэффициенты фильтрации изменяются в пределах 30—200 м/сут. Наибольшей водопроводимостью, часто превышающей 1000 м²/сут, обладают аллювиальные водоносные горизонты в долинах наиболее крупных рек; в верховьях этих рек, их притоках и в долинах мелких рек водопроводимость пород обычно составляет 100—150 м²/сут.

По площади долин модуль эксплуатационных ресурсов, определенный с учетом периодического восполнения срабатываемых запасов в период паводков и весенней инфильтрации атмосферных осадков, находится в пределах 0,3—4,7 л/с на 1 км², при преобладающих величинах 1—2 л/с на 1 км². Максимальные модули эксплуатационных ресурсов (2—4,7 л/с на 1 км²), как правило, наблюдаются на участках среднего течения рек, где сконцентрированы наибольшие объемы естественных запасов.

Возможная производительность водозаборов в средних и нижних частях крупных речных долин, по данным эксплуатации водозаборов, составляет 200—500 л/с; в верховьях и в долинах притоков, а также более мелких рек возможно заложение водозаборов с производительностью до 50—100 л/с.

Степень изученности ресурсов подземных вод аллювиальных отложений речных долин относительно высокая (см. табл. 17).

Подземные воды аллювиальных отложений речных долин используются для централизованного хозяйственно-питьевого, частично технического водоснабжения населения и промышленных предприятий таких городов, как Караганда, Темиртау, Шахтинск и др.

Степень использования эксплуатационных ресурсов и утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод все еще недостаточная и составляет соответственно 8 и 24%.

В настоящее время аллювиальные воды эксплуатируются почти 20 централизованными водозаборами с производительностью каждого от 0,05 до 0,6 м³/с. Суммарная производительность действующих водозаборов составляет примерно 4,5 м³/с, а с учетом многочисленных одиночных скважин и более мелких децентрализованных водозаборов — около 5 м³/с.

Наиболее характерным режимом работы водозаборов в долинах рек является режим периодического пополнения эксплуатационных запасов, обусловленный резкой изменчивостью величины поверхностного стока как в течение года, так и особенно в многолетнем разрезе. Преобладающая часть годового поверхностного стока (от 80 до 95%) про-

ходит во время весеннего половодья, вызванного снеготаянием. Длительными гидрометрическими наблюдениями в режиме рек установлено чередование маловодных по стоку лет с периодами повышенной водности. Максимальная продолжительность маловодного периода для отдельных долин или их участков составляет 5—10 лет. Следующий за ним период средней и высокой водности, как правило, достигает 9—10 лет. При таких условиях, как показывают наблюдения за режимом эксплуатации подземных вод на четырех наиболее крупных водозаборах этого типа, колебания динамического уровня имеют сезонный характер. В течение 9—11 месяцев происходит непрерывное снижение уровней, вызванное сработкой естественных запасов, лишь в весенний период, во время снеготаяния и прохождения паводка, наблюдается частичное или почти полное восполнение запасов, сработанных за предшествующий период.

При суммарном дебите линейных водозаборов, равном 0,15—0,6 м³/с, и продолжительности эксплуатации от 10 до 20 лет максимальные понижения уровня воды достигают 10 м. Депрессионные воронки обычно приурочены непосредственно к участкам размещения водозаборов и имеют радиус до 0,7—1 км. По некоторым водозаборам наблюдается формирование районной депрессии, радиус которой составляет вверх по потоку 2—2,5 км и вниз по потоку до 3—3,5 км.

Положительное влияние на условия питания подземных вод в долинах рек Нуры и Шерубайнуры и рациональное использование имеющихся водных ресурсов оказало многолетнее регулирование поверхностного стока в результате строительства водохранилищ. Это обеспечило возможность создания здесь систем искусственного пополнения подземных вод, с помощью которых осуществляется постоянное или периодическое магазинирование поверхностного стока в пределах участков трех водозаборов, работающих с общей производительностью около 2,3 м³/с. Для искусственного восполнения срабатываемых запасов используются инфильтрация из бассейна облегченного типа, русловой способ и способ затопления.

На первом из водозаборов инфильтрационным бассейном служит специально созданное водохранилище емкостью до 12,6 млн. м³, периодически пополняемое за счет попусков из большого водохранилища, расположенного выше по течению. Помимо многолетнего регулирования поверхностного стока большое водохранилище играет роль естественного отстойника. Несмотря на высокие фильтрационные свойства водоносных песчано-гравийно-галечниковых отложений (коэффициент фильтрации равен 150—200 м/сут), в эксплуатационных скважинах, удаленных от инфильтрационного бассейна на 300—400 м, качество подземных вод по всем показателям хорошее, что достигается естественной очисткой поверхностной воды в процессе фильтрации.

Пополнение запасов подземных вод на участке второго водозабора происходит как за счет потерь на фильтрацию из-под плотины водохранилища, так и за счет подпитывания русловыми водами из плёса, вдоль которого водозабор расположен. Нормальный эксплуатационный расход его обеспечивается лишь при условии поддержания подпорного уровня воды в плёсе путем устройства ежегодно земляной перемычки через русловую часть. При размыве земляной перемычки в плёсе дебит каптажей снижается на 40—50%.

Третий водозабор, расположенный в широкой «сухой» долине, работает в режиме периодической сработки естественных запасов и последующего их искусственного восполнения методом затопления (заливания) площади месторождения подземных вод или непосредственно участков водозаборных скважин. Периодическое затопление осу-

ществляется путем целенаправленного сброса излишков поверхностных (чаще паводковых) вод через шлюзы водохранилища. Долина не имеет русла, поэтому паводковые воды растекаются здесь по поверхности, обеспечивая в ряде случаев почти полное ее залиманивание. Границы затопления за последние 30 лет были различны и зависели от объема поступающей воды. При сбросах паводковых вод в объеме 140—260 млн. м³ площадь затопления достигала 110—140 км². Частичное затопление долины в течение одного-двух месяцев обеспечивало фактическое магазинирование поверхностных вод в объеме от 35 до 100 млн. м³, что составляло 30—40% от объема сброшенных в долину вод. Качество подземных вод при эксплуатации и искусственном пополнении сохраняется высоким.

Наблюдение за режимом подземных вод на водозаборах показали большую эффективность проведения мероприятий по искусственному пополнению эксплуатационных запасов в данных условиях и необходимость их продолжения.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод юрских отложений сосредоточены преимущественно в Карагандинском артезианском бассейне, имеющем площадь более 1100 км². Общая мощность водоносной толщи песчано-конгломератовых пород достигает 200—250 м. Коэффициенты фильтрации отдельных водоносных слоев изменяются от 0,5 до 2 м/сут, водоотдача пород находится в пределах 0,01—0,03. Суммарная водопроводимость юрских пород составляет 250 м²/сут.

Естественные запасы бассейна равны 3,8 млрд. м³, из них на долю пресных вод, содержащихся преимущественно в отложениях кумыскудукской свиты, приходится 1,8 млрд. м³. Питание подземных вод комплекса происходит преимущественно за счет атмосферных осадков. Суммарные естественные ресурсы бассейна составляют 0,8 м³/с при среднем модуле подземного стока 0,74 л/с на 1 км². Средневзвешенное по площади значение модуля эксплуатационных ресурсов подземных вод около 1,3 л/сек на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы подземных вод юрских пород Карагандинского артезианского бассейна оцениваются величиной около 1,5 м³/с (см. табл. 17). Разведанные и утвержденные ГКЗ эксплуатационные запасы составляют 0,9 м³/с.

Современный отбор подземных вод водозаборами централизованного водоснабжения и многочисленными одиночными скважинами отдельных предприятий с учетом шахтного водоотлива равен 0,9 м³/с (см. табл. 17).

В результате эксплуатации подземных вод юры двумя водозаборами (одного в течение 40, второго — 12 лет) образовались депрессионные воронки общей площадью более 300 км². Режим эксплуатации подземных вод в основном неустановившийся. Понижения уровня по отдельным скважинам достигают 30—70 м. Наблюдения за режимом подземных вод показали, что помимо естественных запасов и естественных ресурсов в обеспечении расхода водозаборов участвуют воды, перетекаемые из ниже- и вышерасположенных водоносных горизонтов, а также со стороны окаймляющих бассейн палеозойских пород.

В связи с многолетней эксплуатацией и улучшением водообмена на Михайловской мульде наблюдается некоторое снижение минерализации подземных вод. При этом общая жесткость воды по отдельным скважинам уменьшилась в несколько раз, в то же время по двум скважинам произошло ухудшение качества воды, что связано с чрезмерным их углублением при бурении и подсосом соленых вод снизу.

Водоносный комплекс преимущественно карбонатных фаменских и турнейских отложений яв-

ляется одним из наиболее водообильных в районе и широко используется для водоснабжения. Фаменские и турнейские известняки слагают ядра и крылья антиклинальных складок, выполняют наложенные мульды или грабены. Площади отдельных структур имеют размеры от 50 до 850 км². Наибольшее распространение водоносный комплекс получил в Джезказган-Улутауском районе, в пределах Кенгирской складчатой зоны. Мощность обводненной части пород составляет 100—200 м. Коэффициент водоотдачи в зависимости от степени трещиноватости и закарстованности пород колеблется в пределах 0,01—0,05, коэффициент фильтрации 0,8—15 м/сут, водопроводимость 100—3000 м²/сут.

Естественные запасы трещинно-карстовых вод карбонатных пород оцениваются величиной около 50 млрд. м³, из них пресные воды составляют примерно 35 млрд. м³. По отдельным структурам величина естественных запасов изменяется в весьма широком диапазоне — от 60—80 млн. м³ (Куучекинская, Сарыопанская) до 2580 млн. м³ (Эскулинская).

Естественные ресурсы водоносного комплекса, обеспеченные инфильтрацией атмосферных осадков и поглощением местного поверхностного стока на участках, где карбонатные породы пересекаются реками и временными водотоками, равны приблизительно 15—20 м³/с. Модули естественых ресурсов подземных вод для различных структур изменяются от 0,4 до 1,7 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы подземных вод всего комплекса составляют 32 м³/с (см. табл. 17). Распределение ресурсов по степени минерализации воды следующее: до 1 г/л — 22 м³/с, 1—3 г/л — 7 м³/с и более 3 г/л — 3 м³/с. Большая изменчивость параметров пласта и условия формирования трещинно-карстовых вод отдельных структур обусловили колебания модуля эксплуатационных ресурсов от 0,4 до 3,2 л/с на 1 км². Эксплуатационные ресурсы по отдельным бассейнам трещинно-карстовых вод изменяются в пределах 0,05—1,8 м³/с. В мелких карбонатных структурах возможная производительность групповых водозаборов ограничивается первыми десятками литров в секунду, в пределах крупных структур суммарный дебит может достигать 0,5—0,9 м³/с.

Эксплуатационные запасы подземных вод в карбонатных породах турнейского и фаменского ярусов утверждены ГКЗ и ТКЗ по сумме всех категорий в количестве около 8 м³/с. Более 60% эксплуатационных запасов трещинно-карстовых вод утверждены по карбонатным структурам Джезказганского промышленного района.

Подземные воды рассматриваемого комплекса используются еще недостаточно. В настоящее время постоянно или периодически в эксплуатации находятся 14 водозаборов, из которых лишь пять имеют производительность более 0,15 м³/с, остальные водозаборы мелкие с дебитами 20—90 л/с. Суммарный отбор трещинно-карстовых вод по Джезказган-Улутаускому району изменяется от 1,2 до 2,2 м³/с в связи с периодической консервацией двух крупных водозаборов с общим дебитом около 1 м³/с в Джезказганском промышленном районе.

Наиболее типичной из закрытых водоносных структур с трещинно-карстовыми водами является Жанайское месторождение подземных вод в Джезказганском промышленном районе, представляющее собой брахиантиклинальную складку общей площадью 90 км². Мощность водоносных неравномерно трещиноватых и закарстованных известняков турнейского яруса составляет 150—200 м. Средняя водопроводимость пород определяется величиной 2000—3000 м²/сут, водоотдача 1,5—2%. Окружающие слабопроницаемые породы визе-намюрского, верхне- и среднекаменноугольного и нижнепермского возраста имеют водопроводи-

мость 25 м²/сут и среднюю водоотдачу около 0,25%. По данным 17-летней эксплуатации размещенного здесь водозабора с дебитом от 80 до 400 л/с, режим фильтрации подземных вод является неустановившимся.

Депрессионная воронка практически распространилась на всю площадь водоносной структуры, а с конца 1968 г. начала развиваться и в пределах окружающих структуру менее водоносных пород. В настоящее время понижение уровня по отдельным скважинам достигает 30—35 м. При среднегодовом расходе водозабора около 250 л/с ежегодная сработка уровня составляет 2,0—2,3 м в известняках эксплуатируемого горизонта и 1,3—1,6 м в окружающих слабопроницаемых породах. Наблюдения за режимом подземных вод и результаты моделирования Жанайского месторождения на УСМ-1 показали, что эксплуатационные запасы подземных вод структуры формируются за счет сокращения естественной разгрузки (испарения) подземных вод, равной в среднем 80 л/с, сработки естественных запасов в объеме около 150 л/с (на 25 лет при допустимом понижении уровня на 100 м) и перетекания воды из окружающих структуру слаботрещиноватых пород. Изменений качества подземных вод в процессе эксплуатации не наблюдалось.

Подземные воды трещинного и трещинно-жильного типа в разнообразных по литологии палеозойских, протерозойских, архейских породах и разновозрастных интрузиях широко развиты на территории Центрально-Казахстанской складчатой области. На большей ее части трещиноватая зона этих пород ввиду малой мощности и низкой водоотдачи содержит небольшие естественные запасы. Мощность обводненной зоны колеблется в пределах 15—60 м, чаще равна 30—40 м, водопроводимость пород 25—150 м²/сут. Естественные запасы подземных вод определены в объеме 57 млрд. м³, из них примерно 38 млрд. м³ являются пресными. Наиболее благоприятные условия для формирования пресных вод наблюдаются в породах, распространенных в пределах низкогорных массивов и на площадях развития интрузий гранитного состава.

Питание подземных вод происходит преимущественно за счет атмосферных осадков на более или менее обнаженных участках, занимающих площадь около 300 тыс. км². Величина модуля естественных ресурсов колеблется от 0,15 до 0,5 л/с на 1 км². Суммарные естественные ресурсы подземных вод составляют ориентировочно 140 м³/с, эксплуатационные — 108 м³/с.

В зависимости от условий питания и обнаженности пород модуль эксплуатационных ресурсов изменяется в пределах 0,06—0,65 л/с на 1 км².

Подземные воды данного комплекса могут эксплуатироваться одиночными скважинами с дебитами до 1 л/с, а в зонах тектонических нарушений и интенсивно выветрелых пород — до 10 л/с.

В исключительно благоприятных условиях питания и накопления (крупные разломы, связанные с неотектоническими движениями, интенсивно трещиноватые метаморфизованные осадочные породы кембро ордовика и др.) производительность групповых водозаборов может достигать 30—50 л/с.

Трещинные и трещинно-жильные воды разновозрастных палеозойских и допалеозойских пород не имеют практического значения для крупного централизованного водоснабжения. Они эксплуатируются преимущественно одиночными скважинами для нужд небольших населенных пунктов, центральных усадеб, совхозов, ферм, зимовок скота, а также для обводнения пастбищ.

В общей сложности на территории развития подземных вод комплекса палеозойских, протерозойских, архейских пород и разновозрастных интрузий для водоснабжения сельского хозяйства эксплуатируется около 1100 скважин, более 2500 колодцев и 2500 родников.

Суммарное потребление подземных вод в сельском хозяйстве с учетом сезонного использования родников, а также колодцев и скважин на обводненных пастбищах составляет примерно 3,6 м³/с, из них для хозяйственно-питьевых целей расходуется 2,2 м³/с. Эксплуатационные запасы, утвержденные ГКЗ, ТКЗ, определяются величиной всего 0,3 м³/с.

Тимано-Уральская гидрогеологическая складчатая область

Эксплуатационные ресурсы подземных вод Тимано-Уральской области изучены неравномерно. Наименее исследованы районы, расположенные севернее 60° с. ш., где величины ресурсов определены по предположению на основании данных по отдельным скважинам и источникам. По территории, находящейся между Полярным кругом и побережьем Северного Ледовитого океана, материалов для оценки эксплуатационных ресурсов подземных вод не имеется. Естественные ре-

Таблица 18

Ресурсы подземных вод
Тимано-Уральской гидрогеологической складчатой области

Район, водоносный горизонт, комплекс	Площадь оценки ресурсов, тыс. км²	Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Использование подземных вод		Утвержденные ГКЗ, ТКЗ эксплуатационные запасы	
		естественные	эксплуатационные			м³/с	% от эксплуатационных ресурсов	м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
			всего	восполняемые					
Уральская система палеозойских и протерозойских,	194	840	150	100	0,05—3	10	7	22	15
в том числе карбонатных пород	—	—	120	—	2,5—3				
Тиманская система четвертично-неогеновых, пермских, карбоновых, девонских, протерозойских пород	66	190	100	80	0,5—2	—	—	0,7	0,7
Печорская система Ижма-Печорский и Большеземельский бассейны келловей-батских отложений и четвертичных пород	173	220	70	30	0,5—1			0,5	—
Предуральский артезианский бассейн, в том числе	77	200	80	60	—	1,3	1,6	0,8	1
четвертично-неогеновых отложений	5	—	5	—	1—1,5				
верхнемеловых отложений	8	—	10	—	1—2				
триасовых и пермских отложений	56	—	55	—	0,5—1				
девонских, карбоновых, силурийских пород	8	—	10	—	1—2				
Всего по Тимано-Уральской области		1450	400	270		11	3	24	6

сурсы подземных вод подсчитаны для всей территории Тимано-Уральской области.

В целом по Тимано-Уральской гидрогеологической складчатой области эксплуатационные ресурсы составляют около 400 м³/с, из них около 250—300 м³/с приходится на долю восполненных. Суммарный водоотбор не превышает 10—15 м³/с, а утвержденные запасы составляют около 25 м³/с. Распределение ресурсов подземных вод в пределах Уральской, Тиманской и Печорской гидрогеологических систем показано в табл. 18.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод в Уральской и Тиманской системах сосредоточены главным образом в разновозрастных карбонатных породах ограниченных структур, в пределах Печорской системы — межгорных артезианских бассейнов, где ресурсы приурочены к терригенным верхнемеловым, среднеюрским триасовым и пермским отложениям.

Обеспеченность ресурсами подземных вод Тимано-Уральской области крайне неравномерная. Промышленно развитые районы Южного Урала наименее обеспечены ресурсами подземных вод.

Уральская гидрогеологическая система

Территория Урала бедна ресурсами подземных вод. Подземные воды, как правило, сосредоточены в верхней зоне выветривания горных пород до глубины 30—50 м и имеют безнапорный характер. Наиболее водообильные участки приурочены к локальным зонам тектонических нарушений, контактам различных пород и небольшим бассейнам трещинно-карстовых вод. Подземные воды Урала преимущественно пресные, за исключением юго-восточной окраины, где минерализация их повышается до 1—3 г/л.

В пределах Урала выделяется пять основных водоносных зон трещиноватости, отличающихся литологическим составом пород и степенью их обводненности: в карбонатных, вулканогенно-осадочных, интрузивных, терригенных и метаморфических образованиях. Кроме пяти основных водоносных зон трещиноватости большое значение для организации водоснабжения на Южном Урале имеют подземные воды четвертичных аллювиальных отложений долины р. Урала и ее притоков.

Естественные ресурсы подземных вод Урала оцениваются по всей площади примерно в 840 м³/с. В соответствии с изменением общих геолого-структурных, гидрогеологических и физико-географических условий значения среднемноголетних модулей подземного стока изменяются от 0,3 до 10 л/с на 1 км². Закономерное уменьшение модулей наблюдается с севера на юг и с запада на восток от 5 до 0,3 л/с на 1 км², что связано с возрастанием засушливости климата в южном направлении, большей увлажненностью и широким распространением карбонатных пород на западном склоне Урала.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод Урала составляют около 150 м³/с, из них около 80% приурочено к карбонатным породам. Эксплуатационные ресурсы формируются в основном за счет восполняемых (см. табл. 18). В процессе эксплуатации водозаборов увеличение эксплуатационных ресурсов можно ожидать главным образом в долинах рек, в местах, где они пересекают карбонатные породы или тектонические нарушения.

Модули эксплуатационных ресурсов подземных вод Урала изменяются в широких пределах — от 0,05 до 3 л/с. Наиболее высокие значения модулей, равные 2,5—3 л/с на 1 км², характерны для карбонатных пород, модули в терригенно-осадочных и эффузивно-метаморфических

породах колеблются в основном в пределах 0,1—0,5 л/с на 1 км², на площади распространения метаморфических и интрузивных пород величины модулей не превышают 0,1 л/с на 1 км². В зависимости от литологического состава пород изменяется и величина модуля, формирующегося за счет осушения пласта; для карбонатных пород она составляет 0,5—0,6 л/с на 1 км², для остальных пород — 0,01—0,05 л/с на 1 км².

Для территории Центрального Урала, который представляет собой типичную горную страну, эксплуатационные ресурсы не оценивались. Дебиты родников здесь в основном небольшие (0,1—0,5 л/с), на отдельных участках трещиноватых зон они достигают нескольких литров в секунду, а в карстовых районах — нескольких сотен литров в секунду.

Современное использование подземных вод на Урале не превышает 5—10% от эксплуатационных ресурсов (см. табл. 18), что связано в основном с незначительной водообильностью большего числа водоносных горизонтов. Кроме того, значительная часть ресурсов подземных вод приурочена к слабонаселенным северным районам Урала, где отсутствуют потребители, в то время как промышленно развитые области Среднего и Южного Урала бедны ресурсами подземных вод.

Подземные воды используются преимущественно для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Водоносные горизонты вскрываются главным образом одиночными скважинами и в меньшей мере групповыми водозаборами. Групповые водозаборы с дебитом от 10 до 300 л/с приурочены преимущественно к месторождениям подземных вод ограниченных структур с трещинно-карстовыми водами, зон тектонических нарушений и контактов литологически и петрографически разнородных пород.

Месторождения ограниченных структур с трещинно-карстовыми водами расположены обычно в межгорных депрессиях и приурочены к меридионально вытянутым полосам известняков, контактирующих со слабопроницаемыми породами. Ширина полос известняков колеблется в больших пределах — от нескольких сотен метров до 20 км. Водовмещающие породы обычно перекрыты песчано-глинистыми четвертичными отложениями, мощность которых изменяется от долей метра до 50 м.

Основным источником питания подземных вод карбонатных пород в ненарушенных условиях являются атмосферные осадки и воды соседних слабопроницаемых пород, для которых известняки являются естественной дреной. При эксплуатации вод известняков водозаборами, расположенными на водоразделах, эксплуатационные запасы обеспечиваются в основном естественным питанием. Если же полоса известняков пересекается рекой, эксплуатационные запасы, как правило, определяются расходом этой реки, так как для этого типа месторождений характерна хорошая связь подземных и поверхностных вод. Отбор подземных вод в придолинных частях карбонатных массивов изменяется от нескольких десятков литров в секунду до 1000 л/с. Уровень подземных вод в таких водозаборах имеет сезонные колебания, связанные с сработкой естественных запасов подземных вод известняков и перекрывающих их рыхлых отложений в меженный период, с последующим их восполнением в паводок. Расходы водозаборов, заложенных на водоносных известняках, слагающих водоразделы, как правило, составляют несколько десятков литров в секунду. Режим работы их близок к установившемуся, если расход не превышает естественного питания подземных вод.

Трещинно-жильные месторождения подземных вод приурочены к некарбонатным породам. Для этого типа месторождений характерно незначительное площадное распространение, высокие фильтрационные

свойства пород и небольшие естественные запасы подземных вод. На водораздельных трещинно-жильных месторождениях расход водозаборов определяется величиной естественных ресурсов и не превышает 50 л/с. Если трещинно-жильные зоны пересекаются рекой, имеющей гидравлическую связь с подземными водами, расход водозаборов формируется в основном за счет поверхностных вод и режим их имеет те же закономерности, что и на инфильтрационных водозаборах в придолинных месторождениях трещинно-карстовых вод. Расходы водозаборов на таких участках изменяются от 50 до 400 л/с.

Из краткого описания типов месторождений подземных вод, эксплуатируемых в пределах Урала, видно, что они имеют неравномерное распределение по площади. Большая часть наиболее крупных месторождений, приуроченных к трещино-закарстованным породам, расположена на западном склоне Урала и частично на восточном. Второй особенностью этих месторождений является их относительно небольшие эксплуатационные возможности. В связи с этим большое число городов и промышленных объектов лишено источников подземных вод и использует в основном поверхностные воды. К таким городам относятся Челябинск, Свердловск, Нижний Тагил, Златоуст и др. В более благоприятных гидрогеологических условиях находится крупнейших город Урала — Магнитогорск, для водоснабжения которого используются подземные воды известняков.

Более обеспечены города Оренбургской области, расположенные в долинах р. Урала и ее притоков, где современные хозяйственно-питьевые нужды полностью обеспечиваются подземными водами.

По отношению к эксплуатационным ресурсам Урала разведанные и утвержденные ГКЗ и ТКЗ запасы подземных вод составляют не более 15%. Однако в пределах промышленной части Урала изученность подземных вод относительно высокая, здесь разведана или эксплуатируется большая часть наиболее перспективных месторождений с трещинно-карстовыми водами. Большая часть утвержденных запасов относится к этому типу месторождений подземных вод.

Перспективная потребность большего числа крупных городов Урала обеспечена подземными водами не более чем на 10—20%. Только отдельные города (Магнитогорск, Орск, Первоуральск и др.), куда могут быть поданы подземные воды известняков или аллювиальных отложений р. Урала и ее притоков, могут быть ориентированы на использование подземных вод. Одним из перспективных источников подземных вод, использование которого в отдельных случаях может решить проблему водоснабжения небольших городов, является шахтный водоотлив. В настоящее время из шахт откачивается примерно столько же воды, сколько отбирается для хозяйственно-питьевого водоснабжения групповыми водозаборами и одиночными скважинами. Около половины общего количества этой воды имеет качество, отвечающее требованиям ГОСТ к хозяйственно-питьевым водам. В основном же подземные воды Урала могут быть рекомендованы для снабжения сельского хозяйства. Ниже приводится краткая характеристика основных водоносных горизонтов, распространенных на территории Урала.

Водоносный горизонт четвертичных аллювиальных отложений выделен в качестве основного на Южном Урале в долине р. Урала и ее притоков. Аллювиальные отложения представлены песчано-галечниковыми породами, характеризуются выдержанностью по площади, значительной мощностью и хорошими фильтрационными свойствами. Подземные воды долин Урала и Сакмары можно использовать для водоснабжения крупных городов и промышленных

объектов, а более мелких притоков — для удовлетворения потребности в воде сельского населения.

Наиболее водообильны карбонатные отложения протерозойского и палеозойского (до перми) возраста, занимающие около 20% территории Урала. Распространены карбонатные породы преимущественно на западном склоне Урала, где они залегают в виде регионально вытянутой полосы. В Центральном Урале и на его восточном склоне карбонатные породы залегают узкими полосами, зажатыми между метаморфическими породами, или образуют отдельные массивы. Водопроводимость карбонатных пород колеблется в широких пределах — от 50 до 1000 м²/сут. На большей площади их распространения возможно устройство водозаборов производительностью 50—100 л/с, на закарстованных участках, расположенных около рек, расходы водозаборов увеличиваются до нескольких сотен литров в секунду.

Вулканогенно-осадочный водоносный комплекс пород силура, девона и карбона (зеленокаменная толща) широко распространен в пределах Тагило-Магнитогорского синклинория и на восточном склоне Урала. Водопроводимость пород, как правило, незначительная и не превышает 50 м²/сут. В линейно-вытянутых зонах повышенной трещиноватости пород водопроводимость возрастает до 600 м²/сут. Подземные воды вулканогенно-осадочного комплекса могут быть использованы в основном для сельскохозяйственного водоснабжения при производительности одиночных скважин не более 1 л/с.

Терригенные отложения палеозоя представленные песчаниками, конгломератами, сланцами, аргиллитами, развиты на западном и восточном склонах Урала. В целом водопроводимость терригенных отложений небольшая (20—50 м²/сут), в пределах линейно-вытянутых зон повышенной трещиноватости и в долинах рек водопроводимость достигает 200 м²/сут. На этих участках подземные воды могут быть получены скважинами с производительностью до 10 л/с, на остальной территории — не более 2 л/с.

Метаморфические образования верхнего протерозоя—кембрия распространены в основном в пределах Центрального Урала и частично на восточном склоне. Породы характеризуются незначительной водоносностью, их водопроводимость изменяется в основном от 5 до 20 м²/сут, повышаясь в зонах повышенной трещиноватости до 300 м²/сут. В пределах этих зон могут быть заложены водозаборы с производительностью до 20 л/с, на остальной площади возможна эксплуатация одиночных скважин с расходом не более 1 л/с.

Интрузивные породы развиты главным образом на восточном склоне Урала. Подземные воды приурочены в основном к периферическим, контактовым зонам массивов, где водопроводимость пород достигает 400 м²/сут, центральные части интрузий практически безводны. В периферических зонах интрузивных массивов производительность групповых водозаборов достигает 30 л/с.

Тиманская гидрогеологическая система

В границах этой системы выделяется пять основных водоносных горизонтов в отложениях четвертичного, пермского, карбонового, девонского и протерозойского возраста, содержащих в основном грунтовые или слабонапорные воды. Около половины территории Тимана занимают известняки и доломиты нижней перми и карбона, примерно 25% площади — известняки, доломиты, песчаники и аргиллиты девона. Среднечетвертичные — неогеновые озерно-аллювиальные пески с гравийно-галечниковыми прослоями распространены на юго-восточной окраине

бассейна. Метаморфические сланцы, кварциты и гнейсы протерозойского возраста выходят на поверхность в ядрах отдельных антиклинальных структур.

Наиболее перспективным для использования является водоносный горизонт в известняках и доломитах пермо-карбона, водопроводимость которых составляет 400—500 м²/сут. В пределах этого горизонта могут быть заложены водозаборы с производительностью в несколько сотен литров в секунду. На большей площади распространения остальных водоносных горизонтов возможные дебиты групповых водозаборов не превышают нескольких десятков литров в секунду.

Тиманская гидрогеологическая система характеризуется значительными естественными ресурсами подземных вод, которые формируются в основном в коренных породах; перекрывающие четвертичные отложения на Тимане имеют незначительную водообильность. Общая величина естественных ресурсов подземных вод в пределах изученной части достигает 190 м³/с (см. табл. 18). Среднее значение модуля подземного стока равно 3 л/с на 1 км², наибольшая величина модуля, составляющая 4—4,5 л/с на 1 км², наблюдается на участках распространения закарстованных известняков карбона и нижней перми, а также на возвышенных участках, сложенных трещиноватыми породами протерозоя.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод основных водоносных горизонтов в пределах изученной части Тиманского бассейна составляют 90—100 м³/с, из них около 80% приходится на восполняемые. Модули эксплуатационных ресурсов изменяются от 1 до 2 л/с на 1 км², наименьшие значения, равные 0,5—0,8 л/с на 1 км², отмечаются на площади распространения протерозойских пород.

В настоящее время подземные воды Тимана используются для водоснабжения в очень небольшом объеме. В самом крупном городе Тимана — Ухте для водоснабжения используются в равной мере поверхностные и подземные воды девонских известняков и песчаников. Перспективная потребность в воде этого города также может быть удовлетворена за счет подземных вод, при этом разведанное и утвержденное в ГКЗ количество воды составляет около 50% от потребности.

Печорская гидрогеологическая система

Печорская система артезианских бассейнов имеет сложное строение. В ее пределах выделяются Ижемско-Печорский, Большеземельский и Предуральский гидрогеологические районы второго порядка.

В Ижемско-Печорском и Большеземельском артезианских бассейнах почти 95% территории занимает основной водоносный комплекс келловей-батских отложений средней юры, сложенный переславающимися глинами, алевролитами и песками, общая мощность которых в центральных частях бассейнов достигает 300—400 м. Почти на всей площади распространения келловей-батские отложения перекрыты глинами и алевролитами верхней юры и мела мощностью до 100—150 м. Келловей-батский комплекс характеризуется значительной водообильностью, дебиты отдельных фонтанирующих скважин, пробуренных в разных частях бассейнов, изменяются от 10 до 100 л/с, а производительность групповых водозаборов возможна в объеме нескольких сотен литров в секунду.

В пределах площади распространения келловей-батского водоносного комплекса формируется около 95% естественных ресурсов бассейна, которые оцениваются примерно в 200 м³/с. Значение модуля подземного стока уменьшается от периферии к центру от 3 до 0,5 л/с на 1 км². Наименьшие значения модулей отмечаются на северо-востоке, в обла-

сти островного распространения многолетнемерзлых пород. Модуль подземного стока характеризует всю водоносную толщу пород, включающую четвертичные, меловые и юрские отложения.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод на изученной площади определены для основного водоносного горизонта келловей-батских отложений ориентировочно в объеме 60—80 м³/с. Примерно половина ресурсов приходится на восполняемые. Ресурсы формируются за счет упругих запасов и естественного расхода потока, который составляет около 30% от подземного стока на этой территории. Модуль эксплуатационных ресурсов изменяется в пределах 0,5—1 л/с на 1 км².

Территория Ижемско-Печорского и Большеземельского бассейнов слабо населена и подземные воды практически не используются. Водоснабжение двух наиболее крупных городов — Нарьян-Мара и Печоры базируется на поверхностных и подземных водах долин р. Печоры. В дальнейшем водоснабжение этих городов может быть полностью переведено на подземные воды аллювиальных отложений р. Печоры, запасы которых разведаны и утверждены в ГКЗ в количестве, равном, примерно перспективной потребности г. Печоры.

В будущем при росте населения и развитии промышленности на территории Ижемско-Печорского и Большеземельского бассейнов подземные воды, очевидно, могут явиться надежным источником водоснабжения.

Северная часть Предуральского артезианского бассейна расположена в зоне островного распространения многолетнемерзлых пород, которые на северной окраине района имеют преимущественно сплошное распространение. Однако мерзлые породы почти не влияют на формирование ресурсов подземных вод в коренных отложениях, так как они приурочены в основном к слабопроницаемым четвертичным образованиям.

Ресурсы подземных вод района формируются в основных водоносных горизонтах и комплексах пород четвертичного, неогенового, верхнемелового, триасового, пермского и нижнепалеозойского возраста.

Наибольшее практическое значение для водоснабжения имеет водоносный горизонт верхнемеловых отложений, занимающий около 10% площади бассейна в его северо-восточной части. Верхнемеловые отложения представлены опоковидными песчаниками, алевролитами, глинами, конгломератами и гравелитами общей мощностью более 200 м. Возможные дебиты групповых водозаборов, заложенных в верхнемеловом горизонте, могут достигать несколько сотен литров в секунду.

Почти 70% территории бассейна занимают водоносные горизонты триаса и перми, представленные переслаивающимися песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Водоносной, как правило, является верхняя трещиноватая зона пород до глубины около 100 м. На территории распространения триасовых и пермских горизонтов возможна эксплуатация водозаборов с производительностью, не превышающей нескольких десятков литров в секунду. Возможная производительность водозаборов в аллювиальном горизонте, выделяемом в качестве основного в южной части бассейна, в долине р. Печоры и ее притоков, также небольшая.

Карбонатные закарстованные породы девона, карбона и силура занимают около 10% территории бассейна, они могут эксплуатироваться водозаборами с расходами до 50—100 л/с.

Естественные ресурсы подземных вод бассейна в основном формируются в коренных породах (около 70%) и в меньшей мере в четвертич-

ных отложениях. В целом в пределах изученной территории естественные ресурсы оцениваются примерно в 200 м³/с (см. табл. 18). Модуль естественных ресурсов в среднем относительно высок и составляет около 3 л/с на 1 км². Значение модуля увеличивается с севера на юг от 0,5 до 4 л/с на 1 км², что связано с уменьшением мощности многолетнемерзлых пород и увеличением атмосферных осадков в этом направлении. На участках распространения закарстованных карбонатных пород (поднятие Чернова и гряда Чернышева) величина модуля подземного стока увеличивается до 5 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы подземных вод основных водоносных горизонтов Предуральского бассейна оцениваются примерно в 80 м³/с (см. табл. 18). Три четверти объема общих эксплуатационных ресурсов приходится на восполняемые, что составляет около 30% от естественных ресурсов подземных вод зоны активного водообмена. Наиболее высокие значения модулей эксплуатационных ресурсов, равные 1—2 л/с на 1 км², характерны для четвертичного и неогенового, верхнемелового и палеозойского горизонтов; для этих горизонтов модуль за счет сработки напора и осушения пласта изменяется от 0,4 до 0,7 л/с на 1 км², а за счет восполнения составляет около 1 л/с на 1 км². На большей части площади бассейна, где распространены пермские и триасовые водоносные горизонты, модуль эксплуатационных ресурсов изменяется от 0,5 до 1 л/с на 1 км². Уменьшение величины модуля связано с относительно невысокой водоотдачей пород трещиноватой зоны и менее благоприятными условиями питания водоносных горизонтов.

В процессе эксплуатации водозаборов возможно значительное увеличение эксплуатационных ресурсов, связанное с притоком подземных вод из вышележащих песчано-глинистых четвертичных отложений, а также с инфильтрацией поверхностных вод.

В настоящее время территория Предуральского гидрогеологического района очень слабо заселена и подземные воды практически не используются для водоснабжения, за исключением Воркутского и Интинского промышленных районов, где отбирается около 0,3 м³/с. Кроме того, почти 1 м³/с подземных вод откачивается из шахт. Водоотбор осуществляется преимущественно из водоносных угленосных отложений перми. Большое число водозаборов представляет собой одиночные скважины или небольшие группы скважин, производительность которых составляет несколько десятков литров в секунду. Воронки депрессии вокруг групповых водозаборов и шахт имеют радиусы не более 3—6 км. При этом шахтные водопонизительные установки и расположенные на расстоянии нескольких километров от них водозаборы эксплуатируются в течение многих лет при установившемся режиме. Модули эксплуатационных ресурсов, определенные в радиусе существующих воронок депрессий, достигают 3—6 л/с на 1 км², вместо 1—2 л/с на 1 км² в ненарушенных условиях. По данным многолетних режимных наблюдений установлено, что приток к водозаборным сооружениям формируется в основном за счет инфильтрации поверхностных вод из рек и озер и поступления из вышележащих водоносных четвертичных отложений.

В настоящее время в Предуральском бассейне утверждено в ГКЗ и ТКЗ запасов подземных вод по действующим и вновь разведанным участкам около 0,8 м³/с для водоснабжения Воркутского и Интинского промышленных районов. Однако разведанные запасы не могут удовлетворить существующую потребность. В целом по району перспективы использования подземных вод будут ясны при выявлении конкретных потребителей.

Саяно-Алтайско-Енисейская гидрогеологическая складчатая область

Описываемая ниже гидрогеологическая область включает бассейны трещинных вод горных сооружений Алтая, Саян, Салаира, Кузнецкого Алатау, Сангилен, Колывань-Томской возвышенности и многие артезианские и адартезианские бассейны межгорных впадин. Среди последних наиболее крупными по размерам являются Кузнецкий, Рыбинский, группа Минусинских и Тувинских бассейнов.

Бассейны трещинных вод приурочены к площадям распространения метаморфических, осадочных и магматических пород палеозоя, протерозоя и архея; в межгорных артезианских и адартезианских бассейнах основные водоносные горизонты сформировались в четвертичных, мезозойских верхне- и среднепалеозойских отложениях.

Естественные ресурсы рассматриваемой гидрогеологической области оцениваются в объеме 2300 м³/с. Почти половина этих ресурсов (1040 м³/с) заключена в протерозойских и палеозойских интрузивных и метаморфических породах Саян, около одной четвертой части — в нижне- среднепалеозойских метаморфических отложениях Алтая. В целом естественные ресурсы горных районов составляют около 2100 м³/с, в артезианских бассейнах — около 200 м³/с, в том числе Кузнецком — 75 м³/с, Минусинской группе бассейнов — 80 м³/с, Тувинской группе — 40 м³/с.

В бассейнах трещинных вод величина среднемноголетнего модуля подземного стока изменяется от 0,5 до 12 л/с на 1 км². Наибольшие величины модуля характерны для низкогорных частей Алтая (5—9 л/с на 1 км²), Кузнецкого Алатау (до 12 л/с на 1 км²) и северо-западной части Восточных Саян. К северу, югу и востоку от районов максимальных величин модуля уменьшаются. В артезианских бассейнах они обычно меньше, чем в горах, и составляют в Кузнецком бассейне 1—5 л/с на 1 км², в Минусинских бассейнах — около 1 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы подземных вод оценены на наиболее изученных площадях, которые приурочены главным образом к межгорным артезианским бассейнам.

Ресурсы горных районов охарактеризованы в основном дебитами родников и только Колывань-Томская возвышенность и небольшие предгорные участки Кузнецкого Алатау и Салаира — модулем эксплуатационных ресурсов. Родники трещинных вод метаморфических и магматических пород палеозоя, протерозоя и архея имеют дебиты от сотых долей литра в секунду до 10 л/с, преобладают дебиты больше 1 л/с. На площадях, сложенных закарстованными породами, расходы родников достигают 500—1000 л/с (Восточные Саяны, Кузнецкий Алатау), в зонах тектонических нарушений — 20—600 л/с и даже 3 м³/с (Горный Алтай). Модули эксплуатационных ресурсов подземных вод пород нижнего и среднего палеозоя в предгорьях Салаира и Кузнецкого Алатау в среднем меньше 1 л/с на 1 км², изменяясь от 0,3 до 2,5 л/с на 1 км².

В межгорных артезианских и адартезианских бассейнах модуль эксплуатационных ресурсов варьирует в широких пределах — от 0,1 до 10 л/с на 1 км² и больше.

Источниками формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод как в горных районах, так и в артезианских бассейнах являются главным образом подземный сток, поверхностные воды и естественные запасы. Значение того или иного источника в образовании ресурсов зависит от характера связи подземных и поверхностных вод. В благоприятных условиях восполнения ресурсов речными водами последние

становятся основным источником и восполняемая часть ресурсов достигает 80—90% от суммарных. При затрудненной связи с поверхностными водами ресурсы формируются преимущественно за счет подземного стока и естественных запасов и величина восполняемых ресурсов не превышает 60%.

В Саяно-Алтайско-Енисейской гидрогеологической складчатой области эксплуатационные ресурсы оцениваются в объеме 70—75 м³/с, из них 80% приурочено к артезианским бассейнам. Между основными водоносными горизонтами и комплексами ресурсы распределяются почти равномерно (табл. 19).

Таблица 19

Ресурсы подземных вод Саяно-Алтайско-Енисейской гидрогеологической складчатой области

Водоносный горизонт, комплекс	Площадь оценки эксплуатационных ресурсов, тыс. км²	Эксплуатационные ресурсы подземных вод, м³/с		Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Утвержденные ГКЗ, ТКЗ запасы подземных вод	
		всего	восполняемые		м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
Артезианские и адартезианские межгорные бассейны						
Водоносный горизонт четвертичных отложений	10	20	15	0,5—13	3	15
Водоносный комплекс нижнемеловых отложений	2	1	—	0,3—2		
Водоносный комплекс юрских отложений	10	14	7	0,2—2	4	30
Водоносные комплексы верхне- и нижнепермских, нижнекаменноугольных отложений	16	15	10	0,2—2,5	2	13
Водоносные комплексы каменноугольных и девонских отложений	45	17	10	—	—	—
Всего	83	67	42	—	—	—
Горно-складчатые районы						
Водоносные комплексы нижнекаменноугольных, девонских, силурийских и кембрийских отложений	10	7—8	3—4	0,3—2,5	1	14
Всего	93	75	45	—	10	12

Примечания: 1. Естественные ресурсы по области составляют 2300 м³/с. 2. Использование подземных вод в области не превышает 15 м³/с, что составляет около 20% от эксплуатационных ресурсов.

В настоящее время для водоснабжения городского и сельского населения рассматриваемой гидрогеологической области используются поверхностные и подземные воды. В пределах площади, входящей в Кемеровскую область и Алтайский край, эксплуатационные ресурсы оценены в количестве, немногим больше 50 м³/с, из них отбирается около 6 м³/с. Кроме того, в Кузнецком бассейне шахтный водоотлив достигает 5 м³/с. Шахтные воды практически не используются. В Крас-

ноярском крае подземных вод расходуется не более 15% от количества эксплуатационных ресурсов.

Подземные воды отбираются главным образом одиночными скважинами, реже групповыми водозаборами. Последние расположены обычно в долинах рек Енисея, Абакана, Томи и их притоков и эксплуатируют воды аллювиальных четвертичных, терригенных, юрских и пермо-карбоновых отложений и карбонатных пород нижнего палеозоя и протерозоя. Групповые водозаборы в долине р. Томи расположены в пойме и на надпойменных террасах.

В пойме вскрываемые галечники имеют мощность 2—6 м, водопроводимость их от 1000 до 15 000 м²/сут. Если пойменный аллювий каптируется галереями, то с течением времени (10—30 лет) происходит его кольматация. При каптаже горизонта скважинами и колодцами и размещении их на расстоянии 150—200 м друг от друга и 80—150 м от меженного уровня реки заиления галечников не происходит и водозаборы с дебитом каждой скважины до 200 л/с работают при установившемся режиме фильтрации. Эксплуатационные ресурсы в данных условиях образуются почти полностью за счет инфильтрационных речных вод.

На надпойменных террасах мощность водоносных галечников достигает 16 м, они содержат песчаный и суглинистый заполнитель, поэтому водопроводимость галечников снижается до 300—2000 м²/сут, а дебиты скважин не превышают 35 л/с. Галечники залегают на трещиноватых юрских и пермских породах и перекрыты глинистыми образованиями, благодаря чему аллювиальные воды имеют напор, достигающий 20 м. В этих условиях водозаборы работают при установившемся режиме фильтрации, и модуль эксплуатационных запасов достигает 10—20 л/с на 1 км². Источниками формирования ресурсов в процессе эксплуатации являются подземный сток и инфильтрация вод из русел притоков р. Томи.

В долине р. Томи под водоносным аллювием в терригенных породах юры и перми до глубины 100—150 м вскрываются трещиноватые зоны (от одной до восьми), где напорные воды гидравлически связаны с аллювиальными водами. Водопроводимость юрских и пермских пород изменяется от 250 до 10 000 м²/сут. Источниками формирования эксплуатационных запасов этих месторождений являются естественные ресурсы аллювия и коренных пород и инфильтрационные речные воды. Существенное значение имеют естественные запасы коренных пород и аллювия, которые расходуются в периоды отсутствия или недостаточного питания речными водами и восстанавливаются в периоды паводков. Эти благоприятные условия питания обеспечивают работу водозаборов в режиме установившейся фильтрации.

В долинах мелких рек водоносные трещиноватые породы мезозоя и палеозоя залегают преимущественно под четвертичными суглинками, мощность которых в долинах рек около 2—3 м, на водоразделах 10—50 м. Водопроводимость песчаников, алевролитов и аргиллитов находится в пределах 200—500 м²/сут, модуль эксплуатационных запасов — 2—5 л/с на 1 км². В формировании запасов подземных вод в процессе длительного непрерывного водоотбора основное значение имеют естественные ресурсы и инфильтрационные воды из мелких рек. На Ленинск-Кузнецком месторождении с подобными условиями водозабор, размещенный на площади 10 км², извлекает воды в количестве 210—230 л/с. Этот объем превышает величину подземного стока и инфильтрации поверхностных вод, в результате чего водозабор работает при неустановившемся уровне, скорость снижения которого колеблется от 0,3 до 2 м/год.

Анализ работы водозаборов, находящихся в различных гидрогеологических условиях, показывает, что во многих случаях при длительном и непрерывном водоотборе эксплуатационные запасы значительно превышают подсчитанные при региональной оценке эксплуатационные ресурсы. Эта разница объясняется тем, что при расчете модуля эксплуатационных ресурсов были учтены не все источники восполнения, обнаруживаемые в процессе эксплуатации.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод Саяно-Алтайско-Енисейской гидрогеологической области изучены неравномерно. В Кемеровской области и Алтайском крае запасы, утвержденные ГКЗ и ТКЗ, составляют 8 м³/с, т. е. около 20% от подсчитанных эксплуатационных ресурсов, в Красноярском крае — меньше 1%. Из водоносных комплексов наиболее изучен юрский. Используются разведанные запасы всего на 10—15%.

Перспективная потребность в воде населенных пунктов Красноярского края может быть удовлетворена подземными водами аллювиальных отложений, за исключением нужд городов, расположенных в зоне развития многолетнемерзлых пород (Игарка) и вдали от речных долин (Канск и др.). В Алтайском крае и Кемеровской области будущее водоснабжение в большинстве случаев может быть полностью основано на подземных водах, за исключением городов Рубцовска, Анжеро-Судженска и некоторых других, где водоснабжение возможно преимущественно за счет поверхностных вод.

Ниже приводится краткая характеристика основных водоносных комплексов, для которых определялись эксплуатационные ресурсы подземных вод.

Водоносный горизонт в четвертичных аллювиальных песках и галечниках развит по долинам рек Енисея и его притоков в Минусинских и Тувинских бассейнах, Томи и Кондомы в Кузнецком бассейне и имеет большое значение для водоснабжения. Водоносный горизонт со свободным уровнем воды имеет мощность от нескольких до 30 м. Средняя водопроводимость пород равна 350—400 м²/сут, модуль эксплуатационных ресурсов изменяется в пределах 0,5—13 л/с на 1 км², наибольшее значение его наблюдается в долине р. Кондомы.

Эксплуатационные ресурсы аллювиальных вод в Кузнецком бассейне определены в объеме примерно 12 м³/с и в Тувинской группе бассейнов — 8 м³/с, из них значительная часть (до 75%) образуется за счет естественных ресурсов и составляет от суммы последних в данных бассейнах около 20%. В процессе эксплуатации ресурсы могут увеличиться в результате привлечения речных вод и уменьшения расхода подземных вод на испарение вследствие снижения уровня грунтовых вод.

Дебиты водозаборов при использовании аллювиальных вод могут достигнуть 50 л/с, местами больше.

Водоносный комплекс в меловых песчаниках и алевролитах распространен в Неня-Чумышском и Назаровском (Минусинская группа) бассейнах. Водоносные породы мощностью до 100 м содержат напорные воды. Водопроводимость пород незначительная — первые десятки квадратных метров в сутки; модуль эксплуатационных ресурсов меньше 1 л/с на 1 км². Суммарные эксплуатационные ресурсы не превышают 1 м³/с, формирование их происходит в основном за счет естественных запасов.

Ресурсы водоносного комплекса юрских отложений оценены на площади Кузнецкого, Назаровского, Чебаково-Балахтинского (Минусинская группа), Рыбинского и других более мелких бассейнов.

В Кузнецком бассейне юрские отложения выполняют отдельные наложенные впадины, где конгломераты, песчаники, реже алевролиты и угли обводнены до глубины 100—150 м. В Минусинских бассейнах напорные водоносные горизонты приурочены к пескам, углям, реже конгломератам. С ростом глубин залегания водоносных пород увеличивается напор воды до 150 м.

Неравномерная проницаемость пород определила большое непостоянство водопроводимости — от 0,4 до 10 000 м²/сут. В Кузнецком бассейне водопроводимость пород, слагающих пологие склоны возвышенностей, составляет первые десятки квадратных метров в сутки, в долинах рек достигает 10 000 м²/сут, в Минусинских бассейнах — колеблется от 0,4 до 1000 м²/сут. Модуль эксплуатационных ресурсов варьирует от 0,2 до 1,8 л/с на 1 км², в среднем равен в Кузнецком бассейне 1,3, в Назаровском — 0,6, в Чебаково-Балахтинском — 0,4 л/с на 1 км².

Суммарные эксплуатационные ресурсы водоносного комплекса оценены в Кузнецком бассейне в количестве 5 м³/с, Доронинском — 7 м³/с, в Назаровском и Чебаково-Балахтинском — около 2 м³/с. Значительная часть (до 80%) этих ресурсов формируется за счет подземного стока, расход которого на восполнение эксплуатационных ресурсов равен примерно 5% от суммарной величины естественных ресурсов названных бассейнов.

На площади распространения водоносных юрских пород в Кузнецком бассейне водозаборы могут работать с производительностью до 100 л/с, а на участках высокой водопроводимости в долинах рек и в Подобасско-Тутуяской депрессии — до 1 м³/с.

Водоносные комплексы верхнепермских и нижнепермских — нижнекаменноугольных отложений оценены в пределах Кузнецкого бассейна, где они широко распространены. Водовмещающими породами служат песчаники, алевролиты, угли, конгломераты. Обводненность этих пород прослеживается до глубины 60—100 м, реже 150 м и более, напоры воды составляют 20—150 м, в долинах нередко встречаются фонтанирующие скважины.

Водопроводимость пород постепенно возрастает от 45 м²/сут на периферии до 270 м²/сут в центре бассейна. Особенно большая водопроводимость характерна для верхнепермских красноярских песчаников в районе г. Кемерово, где значение ее достигает в долинах рек 3200 м²/сут, а в среднем составляет 400—180 м²/сут. Величины модулей эксплуатационых ресурсов водоносных комплексов находятся в пределах 0,3—2,5 л/с на 1 км², в среднем близки к 1 л/с на 1 км². Эксплуатационные ресурсы образуются в основном за счет естественных ресурсов, сработки упругих запасов и частичного осушения пласта (см. табл. 19). Восполняемые ресурсы составляют 15—20% от естественных. В некоторых районах бассейна в результате оседания кровли над отработанными мощными пластами каменного угля увеличилась трещиноватость пород, тем самым улучшились условия пополнения ресурсов атмосферными осадками и поверхностными водами.

На преобладающей площади распространения водоносных комплексов верхнепалеозойских пород могут быть сооружены водозаборы с производительностью от 1—10 до 100 л/с, в долинах рек, сложенных красноярскими песчаниками — от 100 до 1000 л/с.

Водоносные комплексы в отложениях карбона и девона занимают большие площади в адартезианских бассейнах Минусинской группы. Здесь они приурочены к песчаникам, алевролитам, аргиллитам, известнякам, мергелям. Подземные воды обнаружи-

ваются на глубинах до 200—300 м, являются напорными, иногда самоизливающимися.

Водопроводимость пород колеблется от 10 до 150 м²/сут. Значение модуля эксплуатационных ресурсов в среднем равно 0,5 л/с на 1 км². В Рыбинском бассейне на отдельных участках речных долин модуль эксплуатационных ресурсов в песчаниках девона изменяется от 1 до 10 л/с на 1 км².

При использовании этих ресурсов дебиты водозаборов могут составлять 10—15 л/с, на отдельных участках речных долин больше.

Восточно-Сибирская гидрогеологическая складчатая область

В Восточно-Сибирской гидрогеологической области, являющейся горной страной, преимущественно распространены трещинные воды метаморфических и магматических пород палеозойского и более раннего возраста, но основные ресурсы подземных вод аккумулируются в мезозойских и кайнозойских отложениях межгорных артезианских бассейнов, хотя площадь их по сравнению с площадью бассейнов трещинных вод горных районов небольшая.

Одним из факторов, влияющим на формирование ресурсов подземных вод в рассматриваемой области, являются многолетнемерзлые породы, мощность которых достигает 500 м, а в отдельных точках хр. Удокан (Прибайкальский гидрогеологический район) — 900 м.

Естественные ресурсы области составляют приблизительно 1800 м³/с, на площади оценки эксплуатационных ресурсов подземный сток достигает 400 м³/с. Среднегодовой модуль подземного стока увеличивается с востока на запад от 0,5 л/с на 1 км² на междуречье Шилки и Аргуни до 5 л/с на 1 км² на Забайкальском нагорье, достигая 24 л/с на 1 км² на отдельных участках хребтов Хамар-Дабана, Баргузинского и Байкальского. Минимальный модуль подземного стока имеет значения от 0,01 до 10,3 л/с на 1 км², возрастая по площади в том же направлении, что и среднегодовой модуль. Наименьшие значения модулей подземного стока приурочены к районам развития мощной толщи мерзлых пород и к районам с небольшим количеством атмосферных осадков и большим испарением.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод подсчитывались на наиболее изученных площадях, равных примерно 40% территории всей области и расположенных южнее параллели 52—53°, где многолетнемерзлые породы имеют островное распространение и мощность не более 100 м. Ресурсы бассейнов трещинных вод метаморфических и магматических пород охарактеризованы в основном дебитами родников, величина которых преимущественно равна 2—3 л/с, в зонах тектонических нарушений она достигает 5—10 л/с, редко 30 л/с, на площадях развития трещинно-карстовых вод — 300 л/с и больше. На юге области ресурсы трещинных подземных вод оценены модулем (частично по предположению), величина которого в основном не более 0,5 л/с на 1 км². Общее количество эксплуатационных ресурсов и их восполняемой части и данные о распределении ресурсов по основным водоносным горизонтам для бассейнов трещинных вод приведены в табл. 20.

Как видно из табл. 20, ресурсы гранитоидов, слагающих около 60—70% оцененной площади, составляют 85% от суммарных, остальные ресурсы (13%) приурочены главным образом к мезозойским и палеозойским терригенным отложениям Агинского поля (Селингино-Шилкинский гидрогеологический район).

Формирование эксплуатационных ресурсов в бассейнах трещинных вод происходит за счет естественных ресурсов и осушения пласта.

Таблица 20

Ресурсы подземных вод
Восточно-Сибирской гидрогеологической складчатой области

Гидрогеологический район, водоносный горизонт, комплекс	Площадь области распространения, тыс. км²	Ресурсы подземных вод: естественные	Ресурсы подземных вод: эксплуатационные: всего	Ресурсы подземных вод: эксплуатационные: использованные	Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Использование ресурсов подземных вод: м³/с	Использование ресурсов подземных вод: % от эксплуатационных ресурсов	Утвержденные ГКЗ, ТКЗ эксплуатационные запасы подземных вод: м³/с	Утвержденные ГКЗ, ТКЗ эксплуатационные запасы подземных вод: %
Межгорные артезианские бассейны									
Байкальские бассейны четвертичных отложений	10,8	—	38	22	2,4—8	2	7	3,4	15
Забайкальские бассейны четвертичных отложений	18,6	—	22	9	0,4—1,6				
Нижнемеловых, нижнемеловых — верхнеюрских отложений	39	—	17	8	0,1—0,7	3	8	1,6	10
Всего	68	—	77	39		5	7	5	
Бассейны трещинных вод									
Мезозойских, палеозойских, допалеозойских пород: осадочных и метаморфических	49,1	—	20	7	0,1—0,6	0,2	1		
осадочно-эффузивных, эффузивных	14,8	—	4	2	0,2—0,6	0,2	5	0,5	0,5
интрузивных (главным образом гранитоидов)	243	—	83	33	0,2—0,6	0,6	1		
Всего	307		107*	42		1	1	0,5	0,5
Всего по гидрогеологической области	375	400	184*	81		6	3	5,5	3

* Вместе с ресурсами, оцененными по предположению в объеме 56 м³/с.

Водозаборы, сооружаемые для эксплуатации трещинных вод, в горно-складчатых районах могут иметь производительность от 1 до 100 л/с, на отдельных участках распространения трещинно-карстовых вод — до 500 л/с и больше.

Многочисленные межгорные артезианские бассейны имеют относительно небольшие размеры. По геологическому строению они делятся на бассейны байкальского и забайкальского типов. Бассейны имеют сходные гидрогеологические условия, поэтому эксплуатационные ресурсы характеризуются в целом по типам.

В чехле артезианских бассейнов, сложенных рыхлыми четвертичными или слабодиагенезированными меловыми и юрскими породами, водоносные горизонты гидравлически взаимосвязаны, поэтому каждый из бассейнов можно рассматривать как единую водонапорную систему. В основных водоносных горизонтах модуль эксплуатационных ресурсов изменяется в пределах 0,1—1 л/с на 1 км² и по величине значительно меньше модуля подземного стока, лишь в четвертичных отложениях

байкальских артезианских бассейнов модуль достигает 5 л/с на 1 км² и на отдельных площадях равен модулю подземного стока.

Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод артезианских бассейнов оцениваются в 70—80 м³/с (см. табл. 20), большая их часть (60 м³/с) приурочена к четвертичным отложениям, главным образом в бассейнах байкальского типа (40 м³/с), меньшая — к нижнемеловым — верхнеюрским (15 м³/с) и меловым (5 м³/с) отложениям забайкальских бассейнов.

Источником образования эксплуатационных ресурсов в межгорных артезианских бассейнах являются подземный сток, естественные запасы, поверхностные воды и воды смежных водоносных горизонтов.

Ресурсы подземных вод несмотря на то, что являются основными источниками водоснабжения населения рассматриваемой территории, используются незначительно (см. табл. 20). Весь отбор подземных вод, включая шахтный водоотлив, равен 6 м³/с, или 3% от суммы общих эксплуатационных ресурсов. 30% от этого объема извлекается из водоносных горизонтов четвертичных отложений, 50% — из юрско-меловых пород, 10% — из гранитоидов.

Эксплуатация подземных вод производится в основном одиночными скважинами, реже групповыми водозаборами. Большее число водозаборов, использующих воды четвертичных отложений, сооружено в долинах рек Селенги, Уды, Аргуни, Борзи и др. Производительность водозаборов колеблется от 50 до 300 л/с, режим работы их установившийся или близкий к нему. В процессе водоотбора эксплуатационные запасы образуются за счет подтока речных вод, в меньшей мере за счет естественных запасов.

В межгорных артезианских бассейнах водоотбор из меловых и нижнемеловых — верхнеюрских пород осуществляется групповыми водозаборами с производительностью от 100 до 300 л/с, которая обеспечивается ресурсами, образующимися в процессе сработки напора, осушения пласта и подтока воды из четвертичных отложений.

Будущая потребность в воде народного хозяйства в основном может быть удовлетворена подземными водами. Наиболее перспективны в этом отношении бассейны байкальского типа, где возможна организация крупного централизованного водоснабжения. Менее обеспечены ресурсами бассейны трещинных вод горных районов, где за счет подземных вод можно обеспечить объекты с потребностью в воде до 100 л/с, в редких случаях больше.

Изученность эксплуатационных ресурсов в целом небольшая, о чем свидетельствуют данные табл. 20. Наиболее они изучены в Забайкальских бассейнах.

Ресурсы подземных вод по основным водоносным горизонтам кратко характеризуются ниже.

Водоносный комплекс в четвертичных песчаных и песчано-галечниковых отложениях распространен в межгорных артезианских бассейнах и по долинам рек. Мощность водовмещающих пород изменяется от 10—50 м в речных долинах до нескольких сотен метров в бассейнах байкальского типа.

Водопроводимость пород варьирует в пределах 10—1000 м²/сут, наибольшие значения этого параметра характерны для отложений байкальских бассейнов, отличающихся от пород забайкальских бассейнов и речных долин более грубозернистым составом, меньшим содержанием глинистых фракций. Модуль эксплуатационных ресурсов водоносного комплекса колеблется от 0,4 до 8 л/с на 1 км², изменения величины модуля по площади имеют ту же закономерность, что и изменения водопроводимости.

Ресурсы подземных вод при эксплуатации водоносных горизонтов четвертичных отложений образуются в результате уменьшения подземного стока, осушения пласта, сработки напоров, привлечения поверхностных вод, перетекания из нижележащих водоносных горизонтов, а на юге Восточного Забайкалья за счет уменьшения расхода подземных вод на испарение при снижении уровней.

Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод четвертичного комплекса оцениваются в объеме 60 м³/с, восполняемая часть в среднем равна половине этой величины, колеблясь в пределах 40—60% от суммарных ресурсов. Модуль восполняемых эксплуатационных ресурсов варьирует от 0,2 до 5 л/с на 1 км². При отборе воды из четвертичных образований производительность водозаборов может изменяться в широких пределах — 50—1000 л/с.

Нижнемеловые, нижнемеловые — верхнеюрские породы, максимальная мощность которых достигает 1800 м, слагают чехол Забайкальских артезианских бассейнов. До глубины 150—200 м в песчаниках, конгломератах, углях, алевролитах и аргиллитах встречается несколько гидравлически связанных горизонтов пресных вод. Воды комплекса обычно напорные. Средняя вскрытая мощность водоносных пород не более 100 м, водопроводимость их колеблется от 20 до 330 м²/сут, модуль эксплуатационных ресурсов — от 0,1 до 0,7 л/с на 1 км².

Источниками формирования эксплуатационных ресурсов являются естественные запасы, естественные ресурсы, а также трещинные воды, поступающие со стороны горного обрамления бассейнов. Производительность водозаборов при использовании вод комплекса возможна в пределах 10—100 л/с, в отдельных случаях до 1000 л/с.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод горных районов оценены для зоны выветривания пород, трещины в которых проникают на глубину 40—100 м.

Обводненные мезозойские и палеозойские отложения представлены песчаниками, конгломератами, алевритами, аргиллитами, сланцами, гнейсами, известняками, эффузивными и интрузивными породами. Водопроводимость терригенных пород не превышает 200 м²/сут, карбонатных — изменяется от 30 до 4000 м²/сут, эффузивно-осадочных и эффузивных — от 50 до 400 м²/сут, местами до 2200 м²/сут, метаморфических, гранитоидов — в пределах 50—200 м²/сут, иногда больше. Модуль эксплуатационных ресурсов водоносных трещиноватых пород колеблется от 0,1 до 0,6 л/с на 1 км², модуль восполняемых ресурсов не превышает 0,3 л/с на 1 км².

Зее-Буреинская и Сихотэ-Алинская гидрогеологические складчатые области

В Зее-Буреинскую и Сихотэ-Алинскую гидрогеологические складчатые области входят бассейны трещинных вод хребтов Тукурингры, Джагды, Турана, Малого Хингана, Буреинского, Сихотэ-Алинского и других горных сооружений, а также межгорные артезианские бассейны. На западе и севере рассматриваемой территории развиты острова многолетнемерзлых пород, занимающих около 40% площади. Мощность мерзлых пород увеличивается с востока на запад и с юга на север от нескольких метров до 100 м и больше. Мощность 100 м встречается в горах Тукурингры, Джагды и Верхне-Зейской и Удской депрессиях.

В горных районах подземные воды зон выветривания, тектонических нарушений и карстообразования приурочены к осадочным метаморфическим и магматическим породам, возраст которых датируется

от архея до кайнозоя. Мощность зоны эффективной трещиноватости пород обычно не превышает 80—100 м. В этих районах ресурсы подземных вод пополняются за счет атмосферных осадков и конденсации водяных паров.

Межгорные артезианские бассейны занимают почти половину площади гидрогеологических областей. Водоносные горизонты и комплексы в них заключены в кайнозойских и мезозойских рыхлых и диагенезированных терригенных или эффузивных породах. Источниками формирования ресурсов, кроме атмосферных осадков, являются воды пород, слагающих борта депрессий, а также поверхностные воды.

Естественные ресурсы подземных вод Зее-Буреинской и Сихотэ-Алинской областей на площади примерно 1000 тыс. км² равны 1500—1600 м³/с.

Среднегодовой модуль подземного стока уменьшается в основном с востока на запад от 4 до 0,5 л/с на 1 км² в связи с изменениями орографических, климатических и мерзлотных условий. Наиболее высокие (3—4 л/с на 1 км²) модули подземного стока прослеживаются по восточному склону, в центральной части хр. Сихотэ-Алинь и в пределах Буреинского хребта, где сочетание большого количества атмосферных осадков (до 1000 мм и более), значительной расчлененности рельефа и интенсивной трещиноватости пород благоприятно сказываются на питании подземных вод. В остальных горных сооружениях модуль колеблется от 1 до 2 л/с на 1 км². В артезианских бассейнах величина модуля подземного стока изменяется от 0,5 до 2 л/с на 1 км², достигая 3 л/с на 1 км² на Амуро-Зейском междуречье. Минимальный модуль подземного стока на рассматриваемой территории изменяется от 1 до 0,1 л/с на 1 км², уменьшаясь в том же направлении, что и среднегодовой модуль.

Ресурсы трещинных вод горных районов охарактеризованы преимущественно дебитами родников, величина которых обычно меньше 1 л/с, лишь на участках развития закарстованных карбонатных пород дебиты родников достигают 25 л/с, а в зонах тектонических нарушений 10—15 л/с. Модулем ресурсы трещинно-карстовых вод оценены на относительно небольших площадях (в сумме равных 4 тыс. км²), приуроченных к Кимканскому и Южно-Хинганскому бассейнам и выступам фундамента в Приханкайском артезианском бассейне. Здесь величина модуля эксплуатационных ресурсов в закарстованных породах кембрия и протерозоя составляет около 2 л/с на 1 км², эффузивах кайнозоя и мезозоя — 1—2 л/с на 1 км², сланцах, гнейсах и гранитоидах палеозоя и протерозоя — 0,1—0,2 л/с на 1 км². Эксплуатационные ресурсы трещинно-карстовых вод равны приблизительно 5 м³/с, в том числе около 20% восполняемых (табл. 21). Эти ресурсы могут обеспечить водозаборы с производительностью от 1 до 10 л/с в трещиноватых и до 50—120 л/с в закарстованных породах.

Эксплуатационные ресурсы межгорных артезианских бассейнов оценены на площади 240 тыс. км² в объеме 330—340 м³/с. Формирование их происходит главным образом за счет естественных запасов, на долю восполняемых приходится 10—20%, величина последних составляет несколько процентов от естественных ресурсов.

Основные ресурсы (более 60%) подземных вод в артезианских бассейнах заключены в водоносных горизонтах и комплексах четвертичных и четвертично-неогеновых рыхлых отложениях. Модуль эксплуатационных ресурсов в этих структурах изменяется преимущественно от 0,5 до 5 л/с на 1 км², значения больше 5 л/с на 1 км² прослеживаются на относительно небольших площадях в Амуро-Зейском и Среднеамурском бассейнах.

Таблица 21

Ресурсы подземных вод
Зее-Буреинской и Сихотэ-Алинской гидрогеологических складчатых областей

Водоносный горизонт, комплекс	Площадь оценки ресурсов, тыс. км²	Эксплуатационные ресурсы подземных вод, м³/с		Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²
		всего	восполняемые	
Водоносный горизонт четвертичных отложений	91	117	25	0,1—5
Водоносный горизонт четвертичных, неоген-меловых отложений	40	83	10	2—8
Водоносный комплекс нижнечетвертичных базальтов	6	10	—	0,5—2
Водоносный горизонт нижнечетвертичных плиоценовых отложений	65	88	7	0,5—12
Водоносный комплекс неоген-палеогеновых отложений	13	15	2	0,1—3
Водоносный комплекс нижнемеловых и верхнеюрских отложений	27	18	2	0,1—1
Водоносные комплексы отложений:				
кембрия и протерозоя (карбонатные)	2	4	1	0,5—2
кайнозоя и мезозоя				1—2
палеозоя и протерозоя (интрузивные, метаморфические)	2	1		0,1—0,2
Всего	246	336	47	

Примечание. Естественные ресурсы на площади 1000 тыс. км² составляют 1500—1600 м³/с.

Суммарные эксплуатационные ресурсы Зее-Буреинской гидрогеологической области равны приблизительно 190 м³/с, из них 150 м³/с приходится на Амуро-Зейский артезианский бассейн. Ресурсы Сихотэ-Алинской области равны 150 м³/с, в том числе 90 м³/с сосредоточены в Среднеамурском и 30 м³/с — в Приханкайском артезианских бассейнах.

Ресурсы подземных вод гидрогеологических складчатых областей используются главным образом в крупных межгорных артезианских бассейнах, являющихся наиболее населенными и освоенными в хозяйственном отношении. По ориентировочному определению подземных вод отбирается меньше 10 м³/с. Это количество воды обеспечивает потребность городов Свободного, Райчихинска, Советской Гавани и др., более чем на половину удовлетворяются нужды Комсомольска-на-Амуре, Хабаровска, Благовещенска. За счет поверхностных вод почти полностью снабжаются Владивосток, Уссурийск, Артем. В перспективе хозяйственно-питьевые нужды будут удовлетворяться в основном за счет подземных вод, но ряд городов, в том числе Владивосток, останутся необеспеченными ресурсами этих вод.

Эксплуатация водоносных горизонтов осуществляется главным образом буровыми скважинами, преимущественно одиночными, реже групповыми, в Приморье нередко применяются галереи. Водозаборы с производительностью до 200 л/с, эксплуатирующие воды аллювия, сооружены в долинах Амура, Зеи, Буреи. Они работают обычно при установившемся режиме фильтрации. Источником формирования эксплуатационных ресурсов являются прежде всего поверхностные воды.

Водозаборы, основанные на использовании водоносных горизонтов четвертично-неогеновых, неогеновых и неоген-палеогеновых пород, размещаются в долинах рек и на междуречьях. Эксплуатационные ресурсы

образуются за счет естественных запасов, частично подземного потока, вблизи рек — за счет инфильтрации поверхностных вод.

Изученность эксплуатационных ресурсов подземных вод в целом по рассматриваемым гидрогеологическим областям составляет меньше 3% (9 м³/с), из них по Хабаровскому краю запасы подземных вод утверждены в объеме около 7 м³/с (Среднеамурский артезианский бассейн) и по Приморскому краю — около 2 м³/с (Приханкайский артезианский бассейн).

Перспективная потребность городских и сельских населенных пунктов, расположенных главным образом в межгорных артезианских бассейнах, в основном может быть удовлетворена за счет подземных вод. Однако в ряде районов их использование осложняется повышенным содержанием железа в водоносных горизонтах четвертичных и неогеновых пород.

Характеристика ресурсов подземных вод по основным водоносным горизонтам приводится ниже.

Водоносный горизонт аллювиальных и озерно-аллювиальных четвертичных образований широко распространен на речных поймах и надпойменных террасах речных долин большего числа артезианских бассейнов. Водовмещающие породы представлены песчано-галечными и песчано-гравийными отложениями, которые характеризуются непостоянством гранулометрического состава и мощности, последняя колеблется от 5 до 70 м. Эти особенности обусловливают изменчивость водопроводимости пород в пределах 4—2600 м²/сут в Приханкайском и Среднеамурском бассейнах, в других бассейнах в среднем составляют 50—200 м²/сут.

Значения модуля эксплуатационных ресурсов выражаются цифрами 0,1—5 л/с на 1 км², в районе Комсомольска-на-Амуре, где аллювиальные галечники имеют водопроводимость около 1400 м²/сут, модуль больше 5 л/с на 1 км² (см. табл. 21).

Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод четвертичных отложений оценены в объеме примерно 120 м³/с. Около 70—80% их в Среднеамурском и Приханкайском и до 90% в других бассейнах обеспечивается естественными запасами, остальные — подземным стоком и инфильтрацией поверхностных вод.

В Приханкайском бассейне дополнительным источником формирования эксплуатационных запасов может служить уменьшение испарения в результате сработки уровня грунтовых вод.

Из общего количества эксплуатационных ресурсов четвертичных пород 70% аккумулируется в Среднеамурском бассейне.

В Амуро-Зейском бассейне водоносный горизонт четвертичных отложений приобретает большое значение для централизованного водоснабжения в комплексе с подстилающими его водоносными горизонтами неогеновых и верхнемеловых пород, составляющих с четвертичными единую водонасыщенную толщу, мощность которой достигает 60 м. Водопроводимость песков и песчано-гравийно-галечных пород этой толщи непостоянна — от 200 до 1200 м²/сут, модуль эксплуатационных ресурсов — от 2 до 8 л/с на 1 км² и более. Максимальные значения модуля отмечаются на юге левобережной части р. Зеи, где отложения имеют высокую водопроводимость.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод в мезо-кайнозойской толще Амуро-Зейского бассейна составляют около 80 м³/с, в том числе 10—20% восполняемых, которые обеспечиваются подземным стоком и поверхностными водами; основной объем эксплуатационных ресурсов формируется за счет осушения пласта.

Водозаборы, эксплуатирующие подземные воды четвертичных и мезо-кайнозойских отложений, могут иметь производительность от 10 до 3 м³/с в Амуро-Зейском и Среднеамурском бассейнах, от 10 до 100 л/с, реже больше,— в остальных артезианских бассейнах.

Минерализация этих вод до оцененной глубины не больше 1 г/л, но повышенное содержание железа (до 10 мг/л в Приханкайском, 15 мг/л — Амуро-Зейском, 50 мг/л — Среднеамурском бассейнах) осложняет их эксплуатацию.

Водоносный комплекс нижнечетвертичных базальтов развит в Советско-Гаванском супербассейне. Покров базальтов состоит из нескольких потоков, в каждом из которых породы трещиноваты и пористы у кровли и плотные у подошвы потока. Эффективная трещиноватость прослеживается до глубины 100—150 м.

При средних значениях мощности водоносного комплекса около 70 м и водопроводимости 460 м²/сут модуль эксплуатационных ресурсов изменяется в пределах 0,5—2 л/с на 1 км², увеличиваясь от водоразделов к речным долинам.

В формировании эксплуатационных ресурсов участвуют подземный сток, естественные запасы, возможно, воды аллювия и рек. Дебиты водозаборов, эксплуатирующих водоносный комплекс базальтов, варьируют от 10 л/с до 1 м³/с.

Водоносный горизонт нерасчлененных нижнечетвертично-плиоценовых отложений развит преимущественно в артезианских бассейнах Зее-Буреинской гидрогеологической области и на небольшой площади в Среднеамурском бассейне Сихотэ-Алинской области. Водовмещающие пески с гравием и галькой имеют мощность от 10 до 200 м. В связи с непостоянством мощности и фильтрационных свойств пород водопроводимость их варьирует от 40 до 360 м²/сут. Модуль эксплуатационных ресурсов в Амуро-Зейском бассейне изменяется от 1—2 л/с на 1 км² в его северо-западной и восточной частях до 10—12 л/с на 1 км² на правобережье Зеи; в Среднеамурском бассейне значения модуля находятся в пределах 2—5 л/с на 1 км², а в остальных бассейнах — 0,5—1 л/с на 1 км².

Водозаборы, эксплуатирующие рассматриваемый горизонт, могут иметь производительность от 100 л/с до 3 м³/с. Качество вод горизонта почти по всей его площади развития отвечает требованиям, предъявляемым к питьевым водам, за исключением некоторых площадей на правобережье Зеи, где воды содержат до 15 мг/л железа.

Водоносный комплекс в - неоген-палеогеновых породах широко распространен в Приханкайском артезианском бассейне. Водоносными являются слабосцементированные песчаники, гравелиты, конгломераты, которые переслаиваются и замещаются алевролитами, аргиллитами, туффитами, углями. Водоносные горизонты комплекса напорные, гидравлически взаимосвязанные, каждый из них имеет мощность от долей до первых десятков метров, а в сумме до 100 м; вскрываются они под четвертичными образованиями на глубине 10—60 м.

Вследствие невыдержанной мощности горизонтов и частой смены пород водопроводимость варьирует от 10 до 750 м²/сут, а модуль эксплуатационных ресурсов — от 0,1 до 3 л/с на 1 км². Значения модуля от 0,6 до 2 л/с на 1 км² характерны для участков, где водоносный комплекс залегает первым от поверхности земли, модуля от 2 до 3 л/с на 1 км² и больше характеризуют участки, где комплекс гидравлически связан с перекрывающим его водоносным горизонтом четвертичных отложений.

Эксплуатационные ресурсы комплекса образуются за счет естественных ресурсов и перетекания вод из четвертичных образований, основные же ресурсы формируются в процессе сработки напора и осушения пласта (см. табл. 21). Производительность водозаборов, основанных на использовании вод комплекса, может составлять несколько десятков литров в секунду.

Водоносные нижнемеловые и верхнеюрские песчаники, конгломераты, чередующиеся с алевролитами, аргиллитами, углями развиты в Буреинском и Верхнеамурском адартезианских бассейнах. Залегают они на глубине 3—80 м, а под мерзлыми породами на глубине до 150 м. Пьезометрические уровни устанавливаются на 7—60 м, иногда на 150 м выше кровли водоносных зон, мощность которых составляет 40—80 м.

Водопроводимость пород в Буреинском бассейне колеблется от 30 до 170 м²/сут в зависимости главным образом от степени трещиноватости пород, в Верхнеамурском бассейне этот показатель в среднем равен 60 м²/сут. Модуль эксплуатационных ресурсов в первом бассейне изменяется от 0,1 до 1 л/с на 1 км², модули, близкие к 1 л/с на 1 км², характерны для долины р. Буреи; во втором бассейне модуль составляет около 0,6 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы в Буреинском бассейне определены в объеме 13 м³/с, в Верхнеамурском — 5 м³/с, значительная их часть (80—90%) обеспечивается сработкой напора и осушением пласта, остальная часть — подземным стоком. В приречных районах возможно перетекание вод из аллювия, а через него и поверхностных вод. При систематическом водоотборе из меловых и юрских пород максимальные дебиты водозаборов в Буреинском бассейне возможны в несколько десятков литров в секунду, в Верхнеамурском в зонах тектонических нарушений — до 50 л/с.

Корякско-Камчатско-Курильская гидрогеологическая складчатая область

Эксплуатационные ресурсы подземных вод области сосредоточены в основном в пределах п-ова Камчатка, так как материковая часть расположена в зоне развития многолетнемерзлых пород и пресные воды находятся преимущественно в твердой фазе. Практическое значение для водоснабжения здесь имеют лишь талые зоны, распространенные локально по речным долинам. В летний период пресные воды формируются в сезонно-талом слое, имеющем мощность около 1—3 м.

Естественные ресурсы подземных вод области развития многолетнемерзлых пород ориентировочно оцениваются величиной 50—100 м³/с; из них 20—40 м³/с расходуется на питание наледей. Эксплуатационные ресурсы, вероятно, крайне незначительны и из-за слабой изученности не определялись. Не изучены и не определялись также ресурсы подземных вод Курильских островов.

На Камчатке, в ее северной части (Северо-Камчатский бассейн второго порядка), подземные воды с поверхности промерзлы до глубины 10—30 м и расчетная величина модуля эксплуатационных ресурсов не превышает 0,2 л/с; общая величина эксплуатационных ресурсов около 1 м³/с. На остальной территории полуострова условия формирования ресурсов пресных подземных вод значительно улучшаются — исчезает мерзлота, резко возрастает количество атмосферных осадков, широкое распространение имеют породы с высокими коллекторскими свойствами. В горной части полуострова пресные воды приурочены к

трещиноватой зоне мощностью около 100—200 м. Модули естественных ресурсов изменяются от 0,2—0,5 до 5—7 л/с на 1 км².

В пределах равнинной части района (Западно-, Центрально- и Восточно-Камчатские артезианские бассейны второго порядка) пресные подземные воды приурочены к толще гравийно-галечных и песчаных отложений четвертичного возраста мощностью около 50 м; водообильны также трещиноватые песчаники, алевролиты и конгломераты неогена и палеогена, подстилающие четвертичные отложения в центральных частях бассейнов и выходящие на дневную поверхность в краевых частях.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод бассейнов оценивались только для четвертичных гравийно-галечных отложений; они определялись по сумме естественных запасов при осушении пласта на половину мощности и части естественных ресурсов при коэффициенте их использования 10%*. При таком подходе к оценке общая величина эксплуатационных ресурсов Камчатской складчатой области составляет около 200 м³/с, из них около 120 м³/с обеспечивается сработкой естественных запасов и 80 м³/с привлечением 10% подземного стока.

Современное использование пресных подземных вод незначительно, водоотбор не превышает 1—1,2 м³/с, из них 0,7—0,8 м³/с отбирается из четвертичных отложений. Всего на территории п-ова Камчатка эксплуатируется около 130 скважин и 600 колодцев. Основной водоотбор сосредоточен в наиболее освоенной южной части полуострова на побережье Авачинской губы. Производительность отдельных водозаборов здесь достигает 100—200 л/с; чаще эксплуатируются отдельные скважины, расположенные на промышленных объектах.

Для водоснабжения г. Петропавловска-Камчатского в ГКЗ утверждены эксплуатационные запасы подземных вод аллювиальных отложений долины р. Авачи в количестве 6 м³/с, что существенно превышает перспективную потребность города в ближайшее время.

Немногочисленные фактические данные позволяют считать, что территория Камчатки располагает большими резервами пресных подземных вод, объем которых пока определяется с большой степенью приближения и используется еще в весьма малом количестве.

Сахалинская гидрогеологическая складчатая область

Гидрогеологическая складчатая область о. Сахалина сочетает в себе бассейны трещинных вод и артезианские бассейны, при этом последние занимают больше половины ее площади.

Бассейны трещинных вод, приуроченные преимущественно к южной и центральной частям острова, соответствуют сильно расчлененным Западно- и Восточно-Сахалинским, Сусунайскому, Тонино-Анивскому горным хребтам и горам п-ова Шмидта на севере. Сложены они метаморфизованными сильнодислоцированными породами мезозойского и палеозойского возраста, в которых подземные воды формируются в зонах выветривания, тектонических нарушений и в карстовых пустотах. Родники, питаемые водами песчаников, конгломератов, сланцев, эффузивных и других пород, имеют дебиты меньше 1 л/с, в закарстованных известняках дебиты увеличиваются до 10 л/с.

В артезианских бассейнах основные водоносные горизонты приурочены к рыхлым, местами литофицированным отложениям четвертичного, неогенового и палеогенового возраста.

* Полученные данные по эксплуатационным ресурсам отличаются от приведенных в т. XXIX «Гидрогеология СССР», так как, учитывая слабую изученность, к расчету ресурсов применен более осторожный подход.

Естественные ресурсы Сахалинской области, подсчитанные почти для всей площади острова, составляют примерно 560 м³/с, из них на бассейны трещинных вод приходится 200 м³/с, на артезианские бассейны — 360 м²/с. Сравнительно большие естественные ресурсы сосредоточены в Северо-Сахалинском артезианском (190 м³/с), Татарском адартезианском (110 м³/с) бассейнах, Восточно- и Южно-Сахалинских (110 м³/с) и Западно-Сахалинском (80 м³/с) бассейнах трещинных вод. Наибольшими ресурсами в артезианских бассейнах обладают водоносные горизонты и комплексы отложений плиоценового (130 м³/с), миоценового (105 м³/с) и четвертичного (90 м³/с) возраста, в бассейнах трещинных вод — горизонты и комплексы отложений верхнего мела (110 м³/с).

В пределах бассейнов трещинных вод среднемноголетние значения модуля естественных ресурсов изменяются от 5—6 л/с на 1 км² на севере до 10 л/с на 1 км² и более в южных и западных бассейнах. Минимальный модуль подземного стока колеблется от 0,5 до 5 л/с на 1 км², подчиняясь тем же закономерностям, что и среднемноголетний.

В артезианских бассейнах среднегодовой модуль подземного стока варьирует от 3 до 13 л/с на 1 км², а минимальный — от 1,5 до 9 л/с на 1 км². Максимальные значения модулей характерны для Северо-Сахалинского артезианского и Татарского адартезианского бассейнов.

Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в Сахалинской гидрогеологической области оценены только по артезианским бассейнам. Среди них больше изучены Поронайский и Сусунайский и меньше Северо-Сахалинский артезианские и Татарский адартезианский бассейны, поэтому в двух последних значительная часть ресурсов определена предположительно (соответственно 75 и 40%).

В целом эксплуатационные ресурсы подземных вод определены в объеме 300—310 м³/с на площади 35 тыс. км². Из этого количества 200 м³/с аккумулируется в Северо-Сахалинском, 40 м³/с — в Поронайском, 50 м³/с — в Татарском, около 15 м³/с — в Сусунайском бассейнах. Восполняемые ресурсы, равные примерно 200 м³/с, составляют 60% от подземного стока в артезианских бассейнах, а в Сусанайском бассейне эта величина достигает 100%.

Источником образования эксплуатационных ресурсов, кроме естественных ресурсов, являются поверхностные воды, естественные запасы и, возможно, воды водоносных горизонтов и комплексов, смежных с эксплуатируемым горизонтом.

Основные водоносные горизонты артезианских бассейнов имеют модули эксплуатационных ресурсов от величины менее 2 л/с на 1 км² в Муравьевском бассейне на юге острова до 10 л/с на 1 км² и больше в Поронайском и Северо-Сахалинском бассейнах.

Использование ресурсов подземных вод незначительное. На централизованное водоснабжение населенных пунктов острова расходуется 5 м³/с, из этого количества на долю подземных вод приходится 0,8 м³/с, что составляет 16% от объема используемых вод, или 0,3% от эксплуатационных ресурсов, а вместе с шахтным водоотливом — 0,4%. На водоснабжение расходуются в основном (90%) воды четвертичных отложений.

По артезианским бассейнам использование эксплуатационных ресурсов составляет от 0,005% в Северо-Сахалинском до 1—1,6% в остальных бассейнах.

Эксплуатация водоносных горизонтов осуществляется главным образом одиночными скважинами, галереями, колодцами. Преобладающее количество скважин размещено в Поронайском и Сусунайском артезианских бассейнах. Рассредоточенный водозабор в г. Южно-Сахалинске,

эксплуатирующий воды четвертичных отложений, обеспечивает четвертую часть объема используемых городом подземных вод. Водозабор работает в течение 9—10 месяцев при неустановившемся уровне, в результате чего воронка депрессии в зимнюю межень имеет радиус до 7 км. В период весеннего паводка (апрель—май) уровень полностью восстанавливается и площадь воронки сокращается до 40 км².

Ниже более подробно характеризуются ресурсы подземных вод основных водоносных горизонтов артезианских бассейнов (табл. 22).

Таблица 22

Ресурсы подземных вод Сахалинской гидрогеологической складчатой области

Водоносный горизонт, комплекс	Площадь оценки ресурсов, тыс. км²		Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²	Утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы подземных вод	
	естественных	эксплуатационных	естественные	эксплуатационные: всего	эксплуатационные: восполняемые		м³/с	% от эксплуатационных ресурсов
Водоносный горизонт четвертичных отложений	1,4	1,2	91	7	4	6 (среднее)	2,6	40
Водоносный горизонт четвертичных и плиоценовых отложений	—	9,3	—	85	47	5—10,5	—	—
Водоносный комплекс плиоценовых осадочных пород	15	15	127	160	111	4—11	—	—
Водоносный комплекс плиоценовых (эффузивных пород	0,4	0,4	4	2	2	6	—	—
Водоносный горизонт средне-нижнемеловых пород	17	6	105	34	30	6	—	—
Водоносный комплекс палеогеновых отложений	6	3	49	19	17	6	—	—
Водоносный комплекс верхнемеловых отложений	15	—	110				—	—
Водоносный комплекс мезозойских и палеозойских отложений	9	—	72	—	—	—	—	—
Всего	64	35	558	307	211	—	2,6	0,8

Примечания. 1. Эксплуатационные ресурсы палеогенового и плиоценового водоносных комплексов оценены по предположению. 2. Использование подземных вод по области равно 1,2 м³/с, что составляет 0,4% от эксплуатационных ресурсов.

Водоносный горизонт в четвертичных песках с гравием и галькой, линзами и пропластками супесей, суглинков и глин широко развит по долинам рек и морскому побережью, но самостоятельное значение имеет только в Северо-Сахалинском артезианском бассейне, по долине р. Тымь. Здесь мощность водовмещающих пород изменяется от 10 до 30 м. Среднее значение водопроводимости пород около 300 м²/сут, модуля эксплуатационных ресурсов горизонта 6 л/с на 1 км².

На остальных значительных по размерам площадях Северо-Сахалинского, Сусунайского и Поронайского бассейнов водоносный горизонт четвертичных отложений составляет единую водонасыщенную толщу с подстилающими песками плиоценового возраста. Мощность этой

толщи, принятая в расчетах, достигает 300 м. Воды плиоценовых пород имеют напор высотой до 100 м. Модуль эксплуатационных ресурсов единого водонасыщенного комплекса четвертичных и плиоценовых образований на большей площади равен 10 л/с на 1 км². На левобережье р. Поронай значение модуля уменьшается до 5 л/с на 1 км².

Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод четвертичных пород не превышают 10 м³/с, а единой толщи четвертично-плиоценовых отложений около 80 м³/с. Почти половина этих ресурсов восполняема, образуется за счет подземного и поверхностного стока, перетекания вод из смежных водоносных горизонтов или комплексов. Остальная часть эксплуатационных ресурсов формируется в результате сработки естественных запасов.

Эксплуатируются воды скважинами с дебитом до 50 л/с, производительность группового водозабора достигает 1 м³/с.

Водоносный комплекс осадочных плиоценовых отложений является первым от поверхности земли в основном в пределах Северо-Сахалинского бассейна. Водовмещающие отложения представлены преимущественно песками, местами с гравием и галькой, чередующимися с глинами, алевритами и песчаниками. В верхней части разреза преобладают пески, мощность слоев которых в Северо-Сахалинском бассейне изменяется от 40 до 200 м.

Водопроводимость пород в Сусунайском бассейне колеблется от 70 до 2400 м²/сут в зависимости от количества примеси крупнообломочного материала, в других артезианских бассейнах — от 50 до 500 м²/сут. Величина модуля эксплуатационных ресурсов находится в пределах 4—10 л/с на 1 км², значения около 10 л/с на 1 км² характерны для Сусунайского и Северо-Сахалинского бассейнов. Эксплуатационные ресурсы пресных вод плиоценового комплекса в сумме равны 160 м³/с, в том числе 150 м³/с приурочены к Северо-Сахалинскому бассейну.

Основными источниками формирования эксплуатационных ресурсов являются естественные ресурсы и, возможно, перетекание воды из подстилающих миоценовых пород. Меньшее значение имеет сработка естественных запасов пласта. Дебиты водозаборов, эксплуатирующих воды плиоценовых пород, могут иметь производительность до 100 л/с.

Водоносный комплекс плиоценовых базальтов, андезито-базальтов, лаво- и туфо-брекчий слагает плато Ламанон (в границах Татарского адартезианского бассейна). Водоносные трещиноватые эффузивные породы разделены относительно водоупорными песчаниками.

Мощность отдельных горизонтов колеблется от 20 до 100 м, а в сумме она составляет 100 м на периферии, 300—400 м в центре плато. Первый от поверхности водоносный горизонт имеет ненапорный режим, нижележащие горизонты — напорный.

Водопроводимость эффузивов варьирует от 50 до 300 м²/сут. Производительность водозаборов, сооружаемых на базе вод эффузивов, не превышает 5—10 л/с.

Водоносный комплекс средне-нижнемиоценовых образований распространен главным образом в Татарском бассейне, небольшие площади занимает в Поронайском и Сусунайском бассейнах. Приурочен водоносный комплекс к дислоцированным нормально-осадочным отложениям, чередующимся с основными эффузивами. Подземные воды вскрываются на глубине нескольких или десятков метров в трещинах зон выветривания и тектонических нарушений. Мощность эффективной трещиноватости максимальная в долинах рек, где она измеряется в 100—150 м. Водопроводимость пород находится в пределах 50—100 м²/сут в зависимости от степени трещиноватости пород, наиболее трещиноваты песчаники и туфы, особенно в зонах разрывных тектонических нару-

шений. Почти 90% эксплуатационных ресурсов водоносного комплекса формируются за счет подземного стока, а в долинах рек и за счет поверхностных вод. Водоносный комплекс может обеспечить производительность водозаборов до 50—100 л/с.

Водоносный комплекс трещиноватых угленосных песчаников, конгломератов, алевролитов, аргиллитов палеогенового возраста развит на восточном склоне Западно-Сахалинских гор (Татарский адартезианский бассейн.) Мощность трещиноватой зоны выветривания, к которой приурочены основные ресурсы подземных вод, не превышает 100 м.

Водопроводимость пород небольшая — не превышает 50 м²/сут в наиболее трещиноватых разностях, встречающихся по долинам рек. Модуль эксплуатационных ресурсов комплекса предположительно принят равным 6 л/с на 1 км², эксплуатационные ресурсы подземных вод — 20 м³/с.

Таймырская, Нансена, Восточная, Верхояно-Чукотская гидрогеологические складчатые области

Таймырская гидрогеологическая складчатая область сложена протерозойскими, палеозойскими, мезозойскими и четвертичными образованиями. Вся толща потенциальных коллекторов воды промерзлая на глубину более 500—600 м и пресные воды существуют лишь в виде льда. В гидрогеологическом отношении область не изучена. Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод могут быть выявлены лишь в долинах рек непосредственно под их руслами в таликовых зонах.

Гидрогеологические структуры Нансена, Восточная и Верхояно-Чукотская занимают обширную территорию, простирающуюся от Охотского и Берингова морей до Северного Ледовитого океана. Общим для всей территории является повсеместное распространение многолетнемерзлой толщи отложений, только на юге на побережье Охотского моря, встречаются острова талых пород.

Сложные мерзлотно-гидрогеологические условия и слабая изученность территории не позволяют сколь-либо достоверно оценить для этого огромного региона эксплуатационные ресурсы. Естественные же ресурсы очень ориентировочно оцениваются величиной около 1,5 тыс. м³/с. Максимальные модули стока (2—4 л/с на 1 км²) характерны для южной части Охотского, Чукотского районов, где сосредоточено более 50% всех прогнозных естественных ресурсов. В центральной части территории модули в связи с более суровыми климатическими условиями уменьшаются до 0,2—0,5 л/с на 1 км². Широкое развитие региональных систем разломов и дислоцированность пород обусловили взаимосвязь поверхностных и подмерзлотных вод, выражающуюся в развитии наледных образований. Так, в Анюйско-Чукотском районе при общей величине естественных ресурсов около 150 м³/с наледный сток оценивается величиной лишь около 10 м³/с; в Верхне-Колымском районе естественные ресурсы составляют примерно 300 м³/с, из них 140 м³/с — наледный сток; в Охотско-Чукотском районе наледный сток достигает примерно 290 м³/с при общих естественных ресурсах около 800 м³/с. На питание наледей расходуется в отдельных районах свыше 50% общей годовой суммы естественных ресурсов, а в зимний период до 90%.

Практическое значение в водоснабжении имеют таликовые воды под руслами рек и озер, которые каптированы в некоторых поселках

колодцами. Известны скважины, эксплуатирующие подмерзлотные воды с дебитами около 1 л/с, но эти воды, как правило, не соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству питьевых вод, из-за повышенной минерализации.

Обычно даже при малом водоотборе к концу зимнего периода запасов пресной воды в таликах не хватает даже для питьевого водоснабжения небольших поселков. Поэтому весьма важно уже в настоящее время разработать для ряда районов мероприятия по искусственному восполнению эксплуатационных запасов пресных подземных вод.

Глава III

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ И СОЛОНОВАТЫХ ВОД И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ И СОЛОНОВАТЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Изложенный в предыдущей главе материал по характеристике эксплуатационных ресурсов подземных вод основных гидрогеологических районов позволяет провести анализ закономерностей распределения и формирования ресурсов на территории СССР. Однако перед тем как непосредственно перейти к анализу этих закономерностей, необходимо отметить следующее.

Проведенная в 60-х годах региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод, результаты которой изложены в томах монографии «Гидрогеология СССР» и в настоящей работе, дает возможность сделать только первые предварительные обобщения условий распространения эксплуатационных ресурсов на территории Советского Союза. Это связано прежде всего с исключительно неравномерной степенью изученности гидрогеологических условий различных частей территории СССР. Так, на огромных пространствах Сибири, севера страны и Дальнего Востока эксплуатационные ресурсы подземных вод в связи с отсутствием фактического материала вообще не оценивались. Кроме того, как отмечено выше, в процессе региональной оценки практически не учитывались привлекаемые ресурсы, являющиеся основным источником формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод речных долин. В отдельных районах именно привлекаемые ресурсы играют основную, определяющую роль при оценке возможностей использования подземных вод, и если не учитывать этот фактор, можно дать неправильную оценку водообеспеченности того или иного района. В меньшей степени вышеизложенное относится к горным районам, где в большинстве случаев эксплуатационные ресурсы не подсчитывались.

Следует отметить, что некоторая приближенность проведенных оценок эксплуатационных ресурсов, а следовательно, и выводов о закономерностях их распространения объясняется и недостаточной разработанностью методики региональной оценки, главным образом в части определения возможной доли использования естественных ресурсов. Тем не менее имеющийся материал позволяет хотя бы предварительно охарактеризовать закономерности распространения и формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод. Этому способствует наличие большого объема материала поисковых и разведочных работ, проведенных на различных типах месторождений подземных вод в разнообразных природных условиях. Немалое значение имеет изучение опыта эксплуатации действующих водозаборов.

Общие эксплуатационные ресурсы подземных вод территории СССР и основных гидрогеологических районов приведены в табл. 23. Как

Таблица 23

Распределение ресурсов пресных и солоноватых подземных вод СССР по основным гидрогеологическим районам

Гидрогеологическая область, район	Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²
	естественные	эксплуатационные		
		всего	в том числе восполняемые	
Артезианские области платформ				
Восточно-Европейская***	5100	3540	1670	0,1—10
Артезианские бассейны				
Балтийско-Польский	700	430	200	0,1—3
Средне-Русский	2000	1600	770	0,1—5
Восточно-Русский	1100	640	340	0,1—5
Каспийский	110	180	70	0,1—1,7
Днепровско-Донецкий	540	540	200	0,1—10
Причерноморский	70	50	10	0,1—1
Бассейны трещинных вод				
Балтийский	500	35	30	0,1 (среднее)
Украинский	60	50	30	<0,1—0,7
Донецкий	20	30	20	0,05—8
Туранская область	430	630	330	0,03—22
Западно-Сибирская*** область	1200	1290	320	0,01—10
Восточно-Сибирская*** область	2400	400	200	0,08—3
Всего по артезианским областям	9130	5860	2520	
Гидрогеологические складчатые области				
Карпатская и Крымско-Кавказская:				
бассейны трещинных вод	1540	230	200	0,05—5
				6—32*
артезианские бассейны платформ	150	100	30	0,1—2
межгорные артезианские бассейны	170	200	150	2—10
				40**
Копет-Даг-Большебалханская область	10	15	5	0,1—5
Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирская:				
бассейны трещинных вод	870	135	95	0,6—26*
межгорные артезианские бассейны	1690	1755	1205	0,03—130
Центрально-Казахстанская	260	210	150	0,06—4,7
Тимано-Уральская:	1030	245—255	160—190	0,05—3
бассейны трещинных вод	420	140—160	90—100	0,5—2
межгорные артезианские бассейны	2300	—	—	—
Саяно-Алтайско-Енисейская:	—	10	5	0,3—2,4
бассейны трещинных вод	—	70	40	0,1—2,4
межгорные артезианские бассейны				0,5—13*
	400	—	—	—
Восточно-Сибирская:	—	105	40	0,1—0,6
бассейны трещинных вод		80	40	0,1—8
межгорные артезианские бассейны	1500—1600	—	—	—
Зее-Буреинская и Сихотэ-Алинская:	—	5	1	0,1—2
бассейны трещинных вод	—	330	50	0,1—8
межгорные артезианские бассейны				

* Для водоносных горизонтов преимущественно четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных валунно-галечниковых отложений.
** Для водоносных горизонтов четвертичных базальтов и гравийно-галечниковых образований.
*** Естественные ресурсы определены на площади оценки эксплуатационных ресурсов.

Продолжение табл. 23

Гидрогеологическая область, район	Ресурсы подземных вод, м³/с			Модуль эксплуатационных ресурсов, л/с на 1 км²
	естественные	эксплуатационные		
		всего	в том числе восполняемые	
Корякско-Камчатско-Курильская:				
бассейны трещинных вод	3 800	—	—	—
межгорные артезианские бассейны	800	200	80	0,1—2
Сахалинская:				
бассейны трещинных вод	200	—	—	—
межгорные артезианские бассейны	360	310	210	4,3—10,8
Таймырская, Нансена, Восточная, Верхояно-Чукотская	1 650	—	—	—
Всего по гидрогеологическим складчатым областям:	16 450	4 225	2620	—
из них:				
по бассейнам трещинных вод	—	~1 000	720	—
по межгорным артезианским бассейнам	—	~3 200	1900	—
Всего по территории СССР	25 580	~10 100	5140	—

видно из этой таблицы, территория СССР богата ресурсами пресных и солоноватых вод. Эксплуатационные ресурсы этих вод превышают 10 тыс. м³/с, из них примерно 50% приходится на долю восполняемых. Наиболее значительные эксплуатационные ресурсы сосредоточены в крупных артезианских бассейнах платформенного типа (Средне-Русском, Западно-Сибирском, Восточно-Русском, Днепровско-Донецком, Туранской платформенной области) и крупных складчатых областях (Крымско-Кавказской, Тимано-Уральской, Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирской). Несмотря на то что общая величина эксплуатационных ресурсов крупных артезианских бассейнов превышает ресурсы складчатых областей, однако, как будет показано ниже, наиболее крупные месторождения подземных вод формируются главным образом в складчатых областях.

В целом закономерности формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод и их распространения по площади зависят от величины основных источников эксплуатационных ресурсов (естественных ресурсов, естественных запасов и привлекаемых ресурсов) и возможности их использования в различных природных условиях, что в свою очередь определяется геологическими, гидрогеологическими и климатическими условиями исследуемой территории. Рассмотрим, как влияют эти факторы на условия привлечения отдельных составляющих эксплуатационных ресурсов подземных вод.

Естественные ресурсы

Общая величина естественных ресурсов подземных вод территории СССР составляет свыше 30 тыс. м³/с (около 24% от общего речного стока). Закономерности их формирования и распределения (по И. С. Зекцеру) определяются совокупностью природных факторов; основные из них следующие:

а) геоструктурная принадлежность;

б) геологическое строение и гидрогеологические условия (наличие этажнорасположенных водоносных горизонтов, разделенных слабопроницаемыми отложениями: состав и мощность пород в зоне аэрации; коллекторские и емкостные свойства водовмещающих пород и др.);

в) климатические условия, определяющие величину атмосферных осадков и испарения;

г) рельеф.

Отметим, что совместное влияние приведенных выше факторов обусловило значительную неравномерность распределения естественных ресурсов на территории СССР. Так, более 50% подземного стока формируется на площади гидрогеологических складчатых областей, занимающих значительно меньшую площадь, чем платформенные области.

Как отмечено в гл. I, возможность привлечения естественных ресурсов подземных вод и их участие в формировании эксплуатационных ресурсов зависят не только от величины подземного стока рассматриваемой территории, но и от ряда геологических и технических факторов. Наиболее важными из них являются: водопроводимость водовмещающих пород, допустимое понижение уровня воды и система расположения водозаборов относительно площадей питания и разгрузки подземных вод. Чем больше водопроводимость и допустимое понижение уровня, чем ближе расположены водозаборы к контурам разгрузки подземного стока, тем большая часть естественных ресурсов может быть привлечена к водозаборным сооружениям. В связи с этим, как видно из табл. 23, восполняемая часть эксплуатационных ресурсов в большинстве случаев значительно меньше их общих естественных ресурсов.

Наилучшими условиями для наиболее полного использования подземного стока характеризуются месторождения подземных вод артезианских бассейнов межгорных впадин и конусов выноса. В связи с их малыми размерами и высокой водопроводимостью пород для них свойственно вовлечение в зону депрессии водозаборов областей разгрузки подземных вод, что предопределяет наиболее полное использование естественных ресурсов. Такие месторождения развиты, например, в Чуйском и Ферганском артезианских бассейнах, на Кусарской предгорной равнине, в Араратском артезианском бассейне и др. Модули естественных ресурсов, учтенных при оценке эксплуатационных ресурсов, для этих месторождений превышают 5—10 л/с на 1 км², в отдельных случаях достигая 20—30 л/с на 1 км² и более (в Араратском бассейне — 40 л/с на 1 км²).

Существенную роль в формировании эксплуатационных ресурсов играет подземный сток на площади небольших ограниченных структур и массивов, главным образом в Центральном Казахстане и на Урале, а также в ряде других районов страны (Предкарпатье), где естественные запасы крайне незначительны. Для таких месторождений (например, Жанайская, Уйтасская и другие структуры в Центральном Казахстане) характерно полное использование естественных подземных вод, разгрузка которых в естественных условиях проходила на периферии структур путем испарения или родникового стока.

Наименее благоприятными условиями привлечения естественных ресурсов характеризуются собственно горные районы, где эксплуатационные ресурсы, как правило, невелики, несмотря на значительную величину подземного стока. Условия питания подземных вод в горных районах за счет инфильтрации атмосферных осадков очень благоприятны, однако эксплуатация здесь возможна главным образом путем каптажа отдельных наиболее крупных источников, выходящих из водообильных пород в пределах локальных участков (трещиноватые и закарстованные верх-

неюрские известняки Большого Кавказа, области молодых лавовых покровов на Малом Кавказе и др.).

Значительными естественными ресурсами обладают и некоторые другие районы, в которых крайне ограничены возможности устройства сосредоточенных водозаборов. К таким районам может быть отнесен, например, Балтийский бассейн трещинных вод, где естественные ресурсы составляют около 500 л/с. Однако для этого бассейна характерна в целом очень невысокая водопроводимость водовмещающих трещиноватых пород (10—20 м²/сут) и небольшая эффективная мощность трещиноватой зоны, что в совокупности не позволяет организовать сосредоточенные водозаборы. Последние могут быть сооружены только на отдельных участках, приуроченных к долинам рек и зонам тектонических нарушений. В связи с этим эксплуатационные ресурсы Балтийского бассейна трещинных вод составляют всего несколько процентов от естественных.

Неблагоприятны условия для привлечения естественных ресурсов и для глубоких напорных водоносных горизонтов в артезианских бассейнах платформенного типа. Исключение составляют краевые зоны артезианских бассейнов, где в формировании эксплуатационных ресурсов подземных вод существенную роль могут играть естественные ресурсы эксплуатируемых главным образом вышележащих не основных водоносных горизонтов.

Естественные запасы

Общая оценка естественных (гравитационных и упругих) запасов подземных вод территории СССР до настоящего времени не проводилась. Однако можно с уверенностью утверждать, что общий объем гравитационной воды, заключенной в порах и трещинах водовмещающих пород, измеряется десятками миллионов кубических километров. Величина естественных запасов подземных вод определяется главным образом геолого-гидрогеологическими факторами — литологическим составом водовмещающих пород и типом пустотности, мощностью и площадью распространения водоносного горизонта. В связи с тем что различные водоносные горизонты имеют разную площадь распространения, сопоставление естественных запасов целесообразно проводить по величине модуля естественных запасов; под ним следует понимать количество воды (в млн. м³), которое можно получить с 1 км² площади распространения водоносного горизонта при ее осушении. Как следует из этого определения, модуль естественных запасов зависит от водоотдачи водовмещающих пород и их мощности. Наибольшими значениями модуля естественных (гравитационных) запасов обычно характеризуются мощные толщи гравийно-галечниковых отложений межгорных впадин и предгорных долин. Здесь мощности водоносных горизонтов достигают нескольких сотен метров, коэффициенты водоотдачи составляют 20—30%. Величина модуля естественных (гравитационных) запасов подземных вод в таких условиях достигает десятков миллионов кубических метров на 1 км² (например, при мощности 100 м и коэффициенте водоотдачи 0,2 модуль составит 20 млн. м³/км²). Такие высокие значения модулей гравитационных запасов характерны, например, для четвертичных водоносных горизонтов Чуйской впадины (мощность гравийно-галечниковых отложений 50—300 м), Таласской впадины (мощность около 100 м) и других среднеазиатских, южноказахстанских и закавказских впадин.

Высокими значениями модулей характеризуются и водоносные горизонты артезианских бассейнов платформенного типа, где водовмещающие породы представлены песчаными разностями с коэффициентом водоотдачи 0,1—0,2. Так, модуль естественных (гравитационных) запа-

сов бучакского водоносного горизонта, широко распространенного на территории Днепровско-Донецкого артезианского бассейна, составляет порядка 5 млн. м³/км².

Менее высокими модулями характеризуются водоносные горизонты речных долин, где мощность водовмещающих песчано-гравийных отложений, как правило, не превышает 10—20 м. Так, модули гравитационных запасов аллювиальных отложений долин Нуры, Шерубайнуры, Токрау, Эгалши в Центральном Казахстане составляют 1—2 млн. м³/км². Такого же порядка модули естественных (гравитационных) запасов характерны для водоносных горизонтов, приуроченных к трещиноватым и закарстованным карбонатным отложениям (водоносные горизонты каменноугольных и девонских пород Московского артезианского бассейна, ограниченные структуры Центрального Казахстана). Здесь уменьшение водоотдачи до 1—4% компенсируется значительной мощностью водовмещающих пород, достигающей 150—200 м.

Наименьшие значения модулей гравитационных запасов подземных вод отмечены для водоносных горизонтов, приуроченных к изверженным и метаморфическим породам, где мощность зоны активной трещиноватости не превышает нескольких десятков метров и водоотдача изменяется от десятых долей до 1—2%. В этих условиях модули не превышают 0,5—1,0 млн. м³/км².

Упругие запасы подземных вод характеризуются коэффициентами упругой водоотдачи, значения которых на 1—2 порядка меньше значений коэффициента гравитационной водоотдачи. В связи с этим величина упругих запасов обычно составляет несколько процентов от общих естественных запасов. Следует отметить, что в отличие от гравитационных, упругие запасы зависят и от величины понижения давления подземных вод. Если принять коэффициент упругой водоотдачи равным 0,001, а понижение напора — 100 м, то модуль упругих запасов составит всего 0,1 млн. м³/км².

Возможность участия естественных запасов в формировании эксплуатационных ресурсов подземных вод определяется не только их общей величиной, но и условиями залегания водоносных горизонтов. Это связано с тем, что при большой глубине залегания кровли водоносного горизонта гравитационные запасы не могут быть использованы, так как при эксплуатации не будет происходить осушения пласта. Современное насосное оборудование позволяет получать подземную воду с глубины 200—300 м, однако при региональной оценке эксплуатационных ресурсов в большей части районов учитывалась сработка естественных запасов только до глубины 100 м. Поэтому для водоносных горизонтов, кровля которых залегает на глубине более 100 м, была оценена только возможная сработка упругих запасов. Как и следовало ожидать, наибольшие значения модулей эксплуатационных ресурсов, формирующихся за счет сработки естественных запасов подземных вод, были получены для межгорных впадин и предгорных равнин. Так, модуль сработки естественных запасов четвертичных отложений Иссык-Кульской впадины составляет около 5 л/с на 1 км², Ферганской впадины — около 3 л/с на 1 км². Такие высокие значения модулей объясняются как большой величиной самих естественных запасов, так и неглубоким залеганием основных водоносных горизонтов. В то же время модуль сработки упругих запасов (Московский, Прибалтийский, Днепровско-Донецкий, Азово-Кубанский бассейны) не превышает нескольких сотых л/с на 1 км². Несмотря на столь небольшую величину модуля сработки упругих запасов, эксплуатационные ресурсы подземных вод глубокозалегающих напорных горизонтов в артезианских бассейнах платформенного типа формируются главным образом за счет упругих запасов и в связи с огромной площадью

распространения водоносных горизонтов обладают значительной величиной.

Естественные запасы подземных вод ряда речных долин при периодическом стоке рек, несмотря на их небольшую величину, играют важную роль в формировании эксплуатационных ресурсов. Это связано с тем, что расход естественных запасов происходит только в период отсутствия стока. Во время паводков в этих условиях формируются новые естественные запасы подземных вод, которые используются в течение следующего маловодного периода.

Привлекаемые ресурсы

Как отмечено выше, привлекаемые ресурсы подземных вод при региональной оценке эксплуатационных ресурсов учитывались явно недостаточно. В то же время привлекаемые ресурсы, особенно в речных долинах и артезианских бассейнах платформенного типа, играют наиболее существенную роль в формировании эксплуатационных ресурсов.

В речных долинах основным источником привлекаемых ресурсов является поверхностный сток. Участие поверхностных вод в формировании эксплуатационных запасов определяется гидрогеологическими и гидрологическими факторами, а также техническими условиями эксплуатации. При этом основную роль играют величина и режим поверхностного стока, условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод (состав и проницаемость русловых отложений), фильтрационные свойства и мощность эксплуатационного водоносного горизонта, допустимые понижения уровня воды, расстояние водозабора от поверхностного водотока или водоема. Совместное влияние гидрологических и гидрогеологических факторов определяет различную роль привлекаемых ресурсов в формировании эксплуатационных ресурсов в конкретных природных условиях. Так, в долинах крупных рек, которые имеют постоянный водоток, с расходом поверхностного стока, заведомо превышающим возможный отбор воды водозаборными сооружениями, при условии активной взаимосвязи поверхностных и подземных вод привлекаемые ресурсы являются основным источником, обеспечивающим дебит водозаборов, в течение всего периода эксплуатации (так называемые инфильтрационные водозаборы).

В долинах пересыхающих и промерзающих рек, водотоков с небольшими расходами, а также в случаях затрудненной взаимосвязи подземных и речных вод привлечение поверхностного стока происходит главным образом только в многоводные периоды (например, в паводки при подъеме уровней в реках и затоплении пойменных территорий).

Различие в условиях привлечения поверхностного стока определило необходимость выделения двух подтипов месторождений подземных вод речных долин (см. гл. I). Краткая характеристика распространения речных долин на территории СССР будет дана ниже. Здесь только отметим, что эксплуатационные ресурсы, формирующиеся за счет привлечения поверхностных вод, достигают весьма значительных величин. Так, линейные модули привлекаемых ресурсов по опыту эксплуатации отдельных водозаборов могут достигать 300—400 л/с на 1 км², а в отдельных случаях — до 1—2 м³/с на 1 км².

В месторождениях подземных вод артезианских бассейнов платформенного типа основным источником формирования привлекаемых ресурсов являются естественные запасы и ресурсы подземных вод, залегающих выше водоносных горизонтов. Привлекаемые ресурсы в рассматриваемых условиях образуются при эксплуатации основных водоносных горизонтов, вызывающей возникновение или усиление перетекания подземных вод через слабопроницаемые разделяющие отложения. Возможность

и интенсивность процессов перетекания определяется главным образом геолого-гидрогеологическими факторами, обусловливающими степень взаимосвязи между эксплуатируемыми и смежными водоносными горизонтами (состав и мощность разделяющих отложений, наличие гидрогеологических окон, нарушения сплошности разделяющих пород, вызванные тектоническими процессами и т. п.). Следует отметить, что вопросы взаимодействия водоносных горизонтов, разделенных слабопроницаемыми глинистыми отложениями, изучены явно недостаточно. Так, до самого последнего времени остается неясным, происходит ли перетекание через всю толщу разделяющих пород или только по отдельным ослабленным зонам. Тем не менее опыт эксплуатации подземных вод показывает, что во многих случаях привлекаемые ресурсы, формирующиеся при перетекании воды из смежных горизонтов, служат основным источником формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод. Наиболее благоприятные условия для перетекания создаются при наличии участков размыва разделяющих глинистых отложений. Классическим примером, характеризующим такие условия, является центральная часть Московского артезианского бассейна, где на отдельных участках верхнеюрские глины, перекрывающие основной водоносный горизонт среднекаменноугольных известняков, полностью размыты. В связи с этим происходит перетекание воды из вышележащих мезо-кайнозойских отложений, причем привлекаемые ресурсы играют основную роль в формировании дебитов водозаборов. Проведенный во ВСЕГИНГЕО анализ опыта эксплуатации водозаборов в артезианских бассейнах платформенного типа показал, что процессы перетекания имеют существенное значение в большинстве случаев, главным образом при неглубоком залегании водоносного горизонта (Прибалтийский, Днепровско-Донецкий, Азово-Кубанский и другие артезианские бассейны).

Более подробно роль привлекаемых ресурсов была рассмотрена на конкретных примерах в гл. II.

Эксплуатационные ресурсы

Изменение величин естественных запасов, естественных и привлекаемых ресурсов по площади, различная роль отдельных источников формирования эксплуатационных ресурсов в разнообразных природных условиях приводят к крайне неравномерному их распределению на территории СССР.

Как следует из вышеизложенного, наибольшими значениями модулей эксплуатационных ресурсов характеризуются межгорные впадины и предгорные прогибы, где формируются крупные месторождения артезианских бассейнов складчатых областей и конусов выноса. Высокая концентрация эксплуатационных ресурсов подземных вод на этих месторождениях определяется как благоприятными условиями сработки естественных запасов (развитие мощных толщ гравийно-галечниковых отложений), так и привлечением естественных ресурсов подземных вод, разгрузка которых в ненарушенных условиях происходит путем родникового стока, испарения, поверхностного стока в зоне создаваемых воронок депрессии. Как правило, восполняемая часть эксплуатационных ресурсов в этих условиях значительно превосходит невосполняемую, а в некоторых бассейнах, где подземные воды приурочены к основным эффузивным породам (Араратский бассейн), эксплуатационные ресурсы почти целиком формируются за счет естественных ресурсов. В рассматриваемых условиях модули эксплуатационных ресурсов достигают 210 л/с на 1 км² и более (Араратский, Чуйский, Иссык-Кульский бассейны, конусы выноса Кусарской предгорной равнины на Кавказе, межгорные впадины Север-

ного и Южного Тянь-Шаня, Ферганская впадина, долина Зеравшана, Поронайская депрессия на Сахалине). Дебиты отдельных водозаборов могут превышать несколько кубических метров в секунду. В настоящее время потребности городского и сельского населения в рассматриваемых районах обеспечиваются подземными водами. Эксплуатационные ресурсы подземных вод межгорных впадин и предгорных прогибов в будущем могут обеспечить потребности крупных городов и ирригации. Увеличение эксплуатационных ресурсов в этих районах возможно при заложении водозаборов в долинах рек.

Благоприятные условия формирования эксплуатационных ресурсов отмечаются также в ряде крупных артезианских бассейнов платформенного типа (Средне-Русском, Балтийско-Польском, Днепровско-Донецком), в юго-восточной части Западно-Сибирского бассейна. Мощность зоны пресных вод в этих бассейнах достигает нескольких сотен метров. Глубина залегания основных водоносных горизонтов, сложенных известняками, доломитами, песками и песчаниками, изменяется в широких пределах — от нескольких метров до 300 м. В целом по перечисленным бассейнам восполняемые ресурсы составляют около 50% от эксплуатационных, среднее значение модуля эксплуатационных ресурсов составляет 1—2 л/с на 1 км², значение модуля повышается до 2—5 л/с на 1 км² в районах распространения грунтовых и слабонапорных вод в четвертичных песках или известняках девона, а также на участках распространения известняков каменноугольного возраста в Подмосковье, где установлена гидравлическая связь подземных и поверхностных вод и перетекание подземных вод из неэксплуатируемых мезо-кайнозойских отложений в основные каменноугольные горизонты.

В процессе эксплуатации водозаборов возможно значительное увеличение эксплуатационных ресурсов на участках, где основные водоносные горизонты имеют связь с вышележащими грунтовыми и поверхностными водами. На территории артезианских бассейнов дебиты групповых водозаборов измеряются сотнями литров в секунду, а в долинах рек увеличиваются до 1 м³/с. Большая часть городов и поселков здесь удовлетворяет потребность в хозяйственно-питьевой воде за счет подземных вод.

Неравномерно и сравнительно слабо обводненные районы выделяются в северо-восточной части Средне-Русского артезианского бассейна, Восточно-Русском, Причерноморском и ряде других бассейнов. Для них характерна небольшая мощность зоны пресных вод, слабая водоносность пород, неблагоприятные условия питания на большей части территории; общая величина естественных запасов и восполняемых ресурсов невелика. Модули эксплуатационных ресурсов на преобладающей части территории изменяются в пределах 0,1—0,5 л/с на 1 км². Восполняемые ресурсы составляют примерно 30—40% от эксплуатационных.

Участки повышенной водообильности на территории этих бассейнов приурочены к долинам крупных рек и их притоков (Волга, Кама, Иртыш, Ишим, Тобол и др.), к площадям развития известняков, повышенной трещиноватости водовмещающих пород основных водоносных горизонтов по долинам рек. На этих участках значение модуля эксплуатационных ресурсов возрастает до 2 л/с на 1 км², а местами до 5 л/с на 1 км². Увеличение эксплуатационных ресурсов можно ожидать главным образом на месторождениях речных долин за счет привлечения поверхностного стока. На площадях перечисленных бассейнов дебиты групповых водозаборов измеряются в основном десятками литров в секунду, на участках повышенной водообильности возрастают до 0,1—0,3 м³/с и более.

В настоящее время большая часть крупных городов, расположенных на площади рассматриваемых бассейнов, использует для водоснабжения

преимущественно поверхностные воды, а ряд городов, размещенных главным образом по долинам крупных рек, полностью удовлетворяют потребность в воде за счет подземных вод. В основном подземные воды используются здесь для водоснабжения сельского населения и небольших городов. Существующая обеспеченность городского и сельского населения подземными водами, по-видимому, сохранится и в дальнейшем.

Наименее благоприятные условия формирования эксплуатационных ресурсов наблюдаются в районах Балтийского, Украинского и Донецкого бассейнов трещинных вод, на Урале, в центральном Казахстане, пустынных районах Казахстана и Средней Азии, Прикаспии. Для этих районов характерны слабые фильтрационные свойства водовмещающих пород, малые мощности водоносных горизонтов, неблагоприятные условия питания (в южных районах). На бо́льшей площади рассматриваемых районов за счет подземных вод можно удовлетворить потребность в воде только сельского населения.

Модули эксплуатационных ресурсов на большей части территории не превышают 0,1 л/с на 1 км². Наиболее обводненные участки приурочены к зонам повышенной трещиноватости (Балтийский и Украинский бассейны, Урал), локальным структурам, сложенным известняками (Урал, Центральный Казахстан), аллювиальным отложениям в долинах рек (Южный Урал, Центральный Казахстан). На этих участках значение модулей возрастает до 1—2 л/с на 1 км², а местами и более. Значительное увеличение ресурсов вод можно ожидать по долинам рек за счет привлечения поверхностного стока.

Резервом в обеспечении потребностей народного хозяйства в воде могут служить сильносолоноватые и соленые подземные воды после их опреснения. Особое значение имеют подземные воды повышенной минерализации в южных районах страны, где их ресурсы часто соизмеримы с ресурсами пресных и слабосолоноватых вод или значительно превышают последние. Прогнозная региональная оценка эксплуатационных ресурсов сильносолоноватых и соленых вод южных районов СССР на площади около 3,5 млн. км² была выполнена в конце 60-х — начале 70-х годов под руководством М. Р. Никитина. Эта работа была проведена в основном для районов с дефицитом пресных и слабосолоноватых вод.

Солоноватые и соленые подземные воды в южной части Советского Союза приурочены к грунтовым и напорным горизонтам (табл. 24). Грунтовые воды повышенной минерализации формируются преимущественно в условиях континентального засоления.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод повышенной минерализации, так же как и пресных вод, складываются из некоторой части их естественных (гравитационных и упругих) запасов, инфильтрационного питания, перетекания из смежных водоносных горизонтов и гравитационных вод слабопроницаемых отложений, перекрывающих основной водоносный горизонт. Модули эксплуатационных ресурсов солоноватых и соленых подземных вод в южной части страны изменяются в основном от 0,1 до 0,5 л/с на 1 км². Только в Амударьинском и Сырдарьинском артезианском бассейнах в четвертичном, неоген-четвертичном, палеоцен-четвертичном горизонтах, сложенных песчаными породами, значения модулей достигают 2—3 л/с на 1 км². Ниже приведены значения модулей (в л/с на 1 км²), формирующихся за счет: естественных запасов — 0,1—0,5; упругих запасов — 0,01—0,02; инфильтрационного питания — 0,03—0,2; перетекания из смежных горизонтов — 0,03; гравитационных вод перекрывающих слабопроницаемых отложений — 0,01—0,06.

Как видно из приведенных цифр, наиболее существенным источником формирования эксплуатационных ресурсов являются естественные гравитационные запасы и естественные ресурсы.

Таблица 24

Эксплуатационные ресурсы солоноватых и соленых подземных вод южных районов СССР (по М. Р. Никитину)

Гидрогеологический район	Эксплуатационные ресурсы, м³/с
Восточно-Русская платформенная область	
Каспийский артезианский бассейн	230
Причерноморский артезианский бассейн (в т. ч. Степной Крым, но за исключением северной части Молдавии)	20
Днепровско-Донецкий артезианский бассейн (юго-восточная часть)	10
Донецкая система бассейнов трещинно-пластовых вод	20
Западно-Сибирская платформенная область (южная часть)	230
Туранская платформенная область	
Тургайский и Северо-Аральский артезианские бассейны	130
Мангышлакский и Устюртский гидрогеологические районы	130
Чу-Сарысуйский артезианский бассейн	40
Амударьинский » »	920
Сырдарьинский » »	190
Центрально-Казахстанская гидрогеологическая складчатая область	70
Карпатская и Крымско-Кавказская гидрогеологическая складчатая область	
Азово-Кубанский и Восточно-Предкавказский артезианские бассейны (в т. ч. Ставропольский гидрогеологический район)	80
Куринский артезианский бассейн, Апшеронский гидрогеологический район	30
Копетдагско-Большебалханская гидрогеологическая складчатая область	80
Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирская гидрогеологическая складчатая область	10
Итого	2180

Проведенное М. Р. Никитиным сопоставление эксплуатационных ресурсов пресных и слабосолоноватых вод с ресурсами сильносолоноватых и соленых вод показало, что в некоторых гидрогеологических районах (Каспийском, Мангышлакском, Устюртском, Амударьинском) ввиду недостатка пресной воды солоноватые и соленые воды на отдельных территориях являются основным источником водоснабжения и орошения. При этом в ряде случаев здесь возможно сооружение групповых водозаборов с дебитами 50—100 л/с и более. В районах Степного Крыма, юга Украины (Причерноморский артезианский бассейн), Казахстана (Тургайский, Сырдарьинский и Чу-Сарысуйский артезианские бассейны и Центрально-Казахстанская складчатая область), а также в некоторых районах Закавказья и Северного Кавказа при дефиците пресных вод солоноватые и соленые воды могут служить важным дополнительным источником водоснабжения.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРЕСНЫХ И СОЛОНОВАТЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Распространение различных типов месторождений пресных и слабосолоноватых подземных вод на территории СССР показано на «Схематической карте изученности и использования эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых подземных вод СССР» (см. вкладку, рис. 2).

Исключение составляют месторождения речных долин, не показанные из-за мелкого масштаба карты.

Наиболее распространенным типом месторождений подземных вод в Советском Союзе (так же, как и во многих других странах), являются месторождения речных долин (табл. 25). Эти месторождения встреча-

Таблица 25

Распределение по типам месторождений эксплуатационных запасов пресных и солоноватых подземных вод, утвержденных ГКЗ и ТКЗ

Республика	Тип месторождений подземных вод, №							
	речных долин	артезианских бассейнов платформенного типа	конусов выноса предгорных шлейфов и межгорных впадин	ограниченных по площади структур с трещинными и трещинно-карстовыми водами	артезианских бассейнов складчатых областей	песчаных массивов	флювиогляциальных отложений	области развития многолетнемерзлых пород
РСФСР	37	51	3	6	1	0,1	0,4	0,5
Украинская ССР	36	54	—	9	—	—	1	—
Белорусская ССР	2	53	—	—	—	—	45	—
Узбекская ССР	27	3	69	1	—	—	—	—
Казахская ССР	44	8	26	11	5	6	—	—
Грузинская ССР	21	—	—	—	72	—	—	—
Азербайджанская ССР	—	—	100	—	—	—	—	—
Литовская ССР	45	40	—	—	—	—	15	—
Молдавская ССР	62	38	—	—	—	—	—	—
Латвийская ССР	64	36	—	—	—	—	—	—
Киргизская ССР	4	—	96	—	—	—	—	—
Таджикская ССР	49	—	50	1	—	—	—	—
Армянская ССР	—	—	—	—	100	—	—	—
Туркменская ССР	5	—	69	16	—	10	—	—
Эстонская ССР	13	87	—	—	—	—	—	—
В целом по СССР, м³/с	321	281	315	52	100	9,6	16	1,7
%	29,3	25,7	28,8	4,7	9,2	0,8	1,5	0,1
Число разведанных месторождений или участков	440	860	115	200	40	11	50	3
Среднее количество утвержденных запасов на одном месторождении, м³/с	0,7	0,3	2,7	0,3	2,5	0,9	0,3	0,6

ются практически на всей территории СССР, однако наибольший удельный вес они имеют в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. В настоящее время водоснабжение населенных пунктов Хабаровского и Приморского краев осуществляется за счет подземных вод речных долин. Большую роль месторождения этого типа играют и в Красноярском крае, Томской области, на Камчатке и Сахалине. Крупные месторождения подземных вод речных долин разведаны в Центральном и Западном Казахстане, Таджикской ССР и Узбекской ССР.

На территории европейской части СССР подземные воды речных долин в целом играют несколько меньшую роль. Тем не менее они широко эксплуатируются в Предуралье (Оренбургская область и Башкирская АССР), в ряде центральных областей (Курская, Белгородская), Поволжье (Горьковская и Куйбышевская области), на Северном Кав-

казе, в Прибалтике (Латвийская ССР и Литовская ССР). Крупные месторождения подземных вод рассматриваемого типа сосредоточены в долине р. Северский Донец (Ворошиловградская, Донецкая, Харьковская и Ростовская области). Широко используются они также в Западной Украине и Молдавии. Всего по речным долинам на 1/I 1973 г. были утверждены эксплуатационные запасы подземных вод по 440 разведанным участкам, при этом запасы по сумме всех категорий составили около 320 м³/с. Таким образом, среднее количество запасов на одно месторождение составило около 0,7 м³/с, что характеризует этот тип как достаточно водообильный.

Также широкое распространение имеют месторождения подземных вод артезианских бассейнов платформенного типа. Наибольшее количество месторождений этого типа выявлено на территории Московского, Днепровско-Донецкого, Причерноморского, Прибалтийского, Азово-Кубанского и южной части Западно-Сибирского бассейнов. Месторождения широко используются для водоснабжения городов центральных областей РСФСР, Эстонии, Латвии и Литвы, большей части Украины, Белоруссии и Молдавии. Этот тип месторождений характеризуется наибольшим числом (860) разведанных участков с утвержденными эксплуатационными запасами. Общие запасы разведанных месторождений составили 280 м/³с (на одно месторождение приходится около 0,3 м³/с).

Наиболее крупные месторождения подземных вод, как отмечено выше, приурочены к конусам выносов предгорных шлейфов и артезианским бассейнам складчатых областей. Однако месторождения этого типа имеют ограниченное распространение (главным образом республики Средней Азии, Южный Казахстан и Закавказье). Месторождения артезианских бассейнов складчатых областей играют существенную роль также в районах Забайкалья. На 1/I 1973 г. были утверждены эксплуатационные запасы подземных вод по 115 участкам в конусах выноса с общими эксплуатационными запасами 315 м³/с и по 40 участкам в артезианских бассейнах складчатых областей с запасами 100 м³/с. Таким образом, среднее количество утвержденных запасов на одном месторождении (участке) для конуса выноса составляет 2,7 м³/с, а для артезианских бассейнов — 2,5 м³/с.

Несмотря на ограниченное распространение по площади страны месторождений подземных вод в конусах выноса, утвержденные в них запасы превышают утвержденные эксплуатационные запасы в артезианских бассейнах платформенного типа и практически равны запасам в разведанных речных долинах.

Месторождения подземных вод ограниченных по площади структур и массивов с трещинными и трещинно-карстовыми водами имеют широкое распространение на территории СССР, но наибольшую роль играют в Центральном и Северном Казахстане, на Урале, а также в районах Украинского бассейна трещинных вод. Это, как правило, небольшие месторождения, среднее количество утвержденных запасов по ним составляет около 0,3 м³/с. Всего разведано 200 месторождений этого типа с общими запасами 52 м³/с, что составляет менее 5% от эксплуатационных запасов подземных вод, утвержденных в ГКЗ и ТКЗ.

Ограниченным распространением пользуются месторождения подземных вод флювиогляциальных отложений. Большая часть разведанных месторождений этого типа сосредоточена на территории Белорусской ССР. Кроме Белоруссии эти месторождения выявлены в Литве и северо-западных районах РСФСР. Всего на территории СССР выявлено 50 месторождений подземных вод этого типа, по ним утверждены эксплуатационные запасы в количестве 16 м³/с. Таким образом, средняя

величина утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод, приходящихся на одно месторождение, составляет около 0,3 м³/с.

Также ограниченное распространение имеют месторождения подземных вод песчаных массивов. В настоящее время разведано 11 месторождений этого типа в пустынных и полупустынных районах Туркмении, Западного Казахстана и Калмыкии. Утвержденные запасы по ним составляют около 10 м³/с (на одно месторождение приходится около 0,9 м³/с).

Подземные воды повышенной минерализации (от 3 до 35 г/л), перспективные для эксплуатации, приурочены обычно к месторождениям двух типов: грунтовым водам песчаных отложений плоских междуречных равнин платформенных областей и трещинным грунтовым водам гидрогеологических массивов в аридной и полуаридной климатических зонах.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧЕННОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ И СОЛОНОВАТЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Эксплуатационные ресурсы подземных вод могут быть использованы в народном хозяйстве только при определенной степени их изученности, которая устанавливается по данным разведочных работ или опыту эксплуатации и регламентируется классификацией эксплуатационных запасов подземных вод, утвержденной Советом Министров СССР. В связи с этим степень изученности эксплуатационных ресурсов подземных вод можно охарактеризовать величиной эксплуатационных запасов, разведанных геологической службой и утвержденных в ГКЗ или ТКЗ.

Несомненно, этот критерий в некоторой степени является условным, так как определенное число водозаборов работает на неутвержденных запасах (главным образом в небольших городах и сельских местностях). С другой стороны, при региональной оценке эксплуатационных ресурсов в ряде районов были недостаточно учтены ресурсы подземных вод речных долин, хотя по некоторым долинам эксплуатационные запасы были утверждены в ГКЗ и ТКЗ. Тем не менее в большинстве районов величина утвержденных запасов достаточно полно отражает степень разведанности месторождений подземных вод и их изученности.

На территории Советского Союза для хозяйственно-питьевого, производственно-технического водоснабжения и орошения земель разведано более 1000 месторождений пресных и солоноватых подземных вод, эксплуатационные запасы по которым утверждены в ГКЗ и ТКЗ. Общая сумма утвержденных запасов достигает 1100 м³/с (на 1/I 1973 г.), что составляет примерно 11% от выявленных эксплуатационных ресурсов страны. Из этого количества немногим более 600 м³/с (т. е. около 55%) утверждены по промышленным категориям (А+В).

Ежегодный прирост разведанных запасов подземных вод за последние годы составил в среднем около 120 м³/с, что на 30 м³/с больше ежегодного прироста запасов за 1966—1968 гг.

Из общего количества утвержденных запасов на долю солоноватых вод с минерализацией преимущественно от 1 до 3 г/л приходится всего около 7%. Большая часть разведанных месторождений солоноватых подземных вод находится в Казахстане и на Украине. В Туркмении и Молдавии при общем относительно небольшом количестве утвержденных запасов на долю солоноватых вод приходится 25—50%. Средне- и сильносолоноватые воды с минерализацией от 3 до 10 г/л разведаны в очень незначительных количествах на территории Украины, Казахстана и Туркмении.

Изученность эксплуатационных ресурсов на территории Советского Союза иллюстрируется картой (см. рис. 2), на которой эта характеристика дается по гидрогеологическим областям и районам первого порядка. Изученность определяется как отношение величины утвержденных эксплуатационных запасов к подсчитанным эксплуатационным ресурсам на площади выделенных районов. На карте выделяются территории, где отсутствуют утвержденные запасы, а также районы, где региональная оценка эксплуатационных ресурсов не проводилась. Это слабоизученные в гидрогеологическом отношении территории северной части Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока, районы платформенных областей, где подземные воды отсутствуют или характеризуются неудовлетворительным качеством, горные районы, где практически нет разведанных месторождений, а эксплуатационные ресурсы оценивались по дебиту отдельных родников.

Кроме того, на карте показаны участки с утвержденными запасами подземных вод, где эксплуатационные ресурсы не оценивались. Такие месторождения имеются в Приморском крае, Якутии, на Кавказе.

Характеристика степени изученности эксплуатационных ресурсов по союзным республикам приведена в табл. 26. Как видно из таблицы,

Таблица 26

Изученность эксплуатационных ресурсов подземных вод

Республика	Эксплуатационные ресурсы, м³/с	Эксплуатационные запасы подземных вод, утвержденные в ГКЗ (ТКЗ) на 1/I 1973 г., м³/с			Степень изученности эксплуатационных ресурсов, %
		Категории			
		A+B	C_1+C_2	Всего	
РСФСР	5545	199	137	336	6
Украинская ССР	500	78	44	122	24
Белорусская ССР	500	16,5	11,2	28	6
Узбекская ССР	950	73	77	150	16
Казахская ССР	1500	83	54	137	9
Грузинская ССР	60	7,8	32,2	40	66
Азербайджанская ССР	130	15,3	33,2	48	37
Литовская ССР	30	9,8	1,5	11	38
Молдавская ССР	15	8,7	1,8	11	75
Латвийская ССР	70	10,2	2,5	13	18
Киргизская ССР	440	39	48	87	20
Таджикская ССР	170	20	22	42	25
Армянская ССР	100	33,2	21,8	56	56
Туркменская ССР	35	8,7	6,7	15	44
Эстонская ССР	70	1,5	0,8	2	43
В целом по СССР	~10 100	604	492	1098	11

степень изученности эксплуатационных ресурсов по республикам различная (от нескольких до 75%). Столь большая разница в изученности объясняется неравномерным распределением на территории СССР эксплуатационных ресурсов и основных потребителей подземных вод. Наиболее высокая изученность достигнута на площади Молдавии, Закавказских республик, а также отдельных районов Средней Азии, Казахстана и центральных районов РСФСР, (например, на территории Московского артезианского бассейна).

На территории Молдавии величина утвержденных запасов подземных вод оказалась близка к подсчитанным эксплуатационным ресурсам.

Однако степень изученности здесь завышена, так как при региональной оценке не были учтены эксплуатационные запасы, формирующиеся за счет привлечения речного стока Днестра и его притоков. В то же время значительная часть утвержденных запасов приходится на месторождения речных долин (Бендеры, Тирасполь и др.).

Как следует из табл. 26, количество утвержденных запасов на территории РСФСР составляет около 30% от запасов, утвержденных по Советскому Союзу.

Для большей части территории РСФСР степень изученности не превышает 10%. В Костромской, Архангельской, Кировской, Саратовской и Амурской областях эксплуатационные запасы подземных вод не утверждались. Наиболее высокая степень изученности достигнута в Московской области (около 80%) и Краснодарском крае (около 50%). В Куйбышевской и Челябинской областях и в Северо-Осетинской АССР степень изученности превышает 20%.

Количество утвержденных запасов по Украинской ССР составляет 11% от запасов, разведанных в СССР. В целом по республике степень изученности эксплуатационных ресурсов достигает 24%. Наибольшую степень изученности имеют ресурсы Крымской (73%), Донецкой (62%), Львовской (54%) и Ворошиловградской (53%) областей.

По Прибалтийским республикам и Белоруссии в целом утверждено 54 м³/с эксплуатационных запасов. Территория Белоруссии и Эстонии характеризуется слабой изученностью (4—6%). В Литве и Латвии разведано примерно одинаковое количество запасов (11—13 м³/с), однако изученность эксплуатационных ресурсов в первой республике достигает 40%, а во второй — не превышает 20%, что объясняется незначительной обводненностью основных горизонтов в Литве.

По Закавказским республикам эксплуатационные запасы составляют около 13% от общего количества запасов, разведанных в СССР.

Количество разведанных запасов Казахской ССР составляет 12% от запасов, утвержденных по стране. Наиболее высокая степень изученности эксплуатационных ресурсов достигнута на площади Карагандинской (27%), Чимкентской (19%), Алма-Атинской (19%), Восточно-Казахстанской (14%) областей.

По республикам Средней Азии утверждено около 7% от общего количества запасов, разведанных в СССР.

Переходим к характеристике использования подземных вод для водоснабжения и орошения.

На территории Советского Союза для водоснабжения используется около 500 м³/с пресных и солоноватых подземных вод. Из этого количества около 300—310 м³/с расходуется на водоснабжение городов, рабочих поселков и промышленности и около 200 м³/с на нужды сельского населения. Кроме того, при разработке месторождений других полезных ископаемых извлекается воды около 50 м³/с. Наибольший водоотлив наблюдается в Донецком (около 15—20 м³/с), Подмосковном бассейнах (порядка 9 м³/с) и на месторождениях Урала (около 6,5 м³/с).

Подземные воды используются преимущественно для хозяйственно-питьевых целей, а для технического водоснабжения расходуются главным образом поверхностные воды.

Данные по стране об использовании подземных вод городами приводятся в основном по результатам обследования действующих водозаборов, проведенного геологическими управлениями в 1968—1970 г. Сведения о количестве потребляемых подземных вод в сельском хозяйстве приведены в региональных томах монографии «Гидрогеология СССР». Следует отметить, что учет используемых подземных вод на территории

Советского Союза поставлен неудовлетворительно, поэтому приводимые цифры являются ориентировочными и требуют уточнения.

На большей части Советского Союза потребности в воде сельского населения обеспечиваются за счет подземных вод. Как правило, эксплуатируются первые от поверхности горизонты грунтовых вод или верховодка, в основном колодцами, в горных районах используются родники, на животноводческих фермах бурятся одиночные скважины. Колодцы и скважины обычно имеют незначительный расход, измеряемый десятками кубических метров в сутки, и используются не на полную мощность. Разводящая сеть от скважин отсутствует, за исключением отдельных районов.

В большинстве городов и поселков страны общее водопотребление не превышает 100 л/с, примерно в 25% городов отбор воды измеряется 0,1—0,5 м³/с и только 15% городов потребляет воды более 0,5 м³/с. В зависимости от величины потребности городов наблюдается определенная закономерность в использовании подземных и поверхностных вод. Так, чем меньше потребность в воде, тем большее количество городов удовлетворяют свои нужды за счет подземных вод. Например, в городах с расходом воды менее 0,1 м³/с примерно в 70% случаев водоснабжение базируется целиком на подземных водах, в то время как в городах с потреблением более 1 м³/с в 23% случаев для хозяйственно-питьевого водоснабжения используются только подземные воды.

В целом по стране городское хозяйственно-питьевое водоснабжение основано преимущественно на подземных водах, примерно 25% городов используют подземные и поверхностные воды и только в 15—20% — потребность удовлетворяется целиком поверхностными водами. В большей части городов страны имеются групповые водозаборы или отдельные скважины, эксплуатацию которых осуществляют коммунальные организации, а также многочисленные одиночные скважины, пробуренные на территории промышленных предприятий и используемые для технических и хозяйственно-бытовых нужд этих предприятий. Бо́льшая часть городов Советского Союза имеет системы централизованного водоснабжения, однако водопроводная сеть развита недостаточно, например в РСФСР, по данным Министерства коммунального хозяйства, она составляла в 1966 г. около 50% от общей протяженности улиц.

Для городского водоснабжения используются главным образом основные водоносные горизонты. Эксплуатируются преимущественно месторождения подземных вод речных долин, артезианских бассейнов платформенного типа и конусов выноса.

Наиболее интенсивно подземные воды используются для нужд городов центральных областей европейской части РСФСР, в западной и северо-восточной частях Украины, в Белоруссии, Молдавии, в Закавказье (Грузии и Армении), в южном Казахстане и на территории среднеазиатских республик. Во всех перечисленных районах коммунально-бытовые нужды городского населения удовлетворяются в основном за счет подземных вод. Города, где преимущественно используются поверхностные воды, расположены в центральной и южной частях Украины, в центральной и северной частях Казахстана, в Сибири и на Дальнем Востоке, в Нижнем Поволжье, в северной части Туркмении.

Крупным потребителем подземных вод является орошаемое земледелие, хотя в общем балансе водных ресурсов, используемых с этой целью, подземные воды составляют всего несколько процентов.

В республиках Средней Азии и в Азербайджане для орошения используются главным образом крупные родники (карасу) и кяризы, хотя в последние годы все в больших объемах применяется водоотбор из скважин. Всего, по данным Минводхоза, в этой отрасли хозяйства в на-

стоящее время используется примерно 11 тыс. скважин, около тысячи каризов и более 1000 родников (карасу). Учет использования подземных вод для орошения поставлен исключительно слабо. По разным источникам отбор подземных вод для орошения оценивается величиной в 200—300 м³/с. Наибольшее количество подземных вод, отбираемых для этих целей, приходится на среднеазиатские республики, Азербайджан, Армению и Украину.

Характеристика использования подземных вод городским и сельским населением в пределах гидрогеологических областей и районов дана на схематической карте изученности и использования эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых подземных вод СССР (см. рис. 3).

Перспективы использования подземных вод в связи с ограниченностью их ресурсов в большей части промышленно развитых районов определяются «Основами водного законодательства», согласно которым подземные воды должны использоваться для хозяйственно-питьевого водоснабжения городского и сельского населения и тех отраслей промышленности, для которых требуется вода хозяйственно-питьевого качества.

Если сопоставить современный уровень водопотребления для городского и сельскохозяйственного водоснабжения (500 м³/с) с потребностями в подземных водах для этих целей, то можно убедиться, что их использование должно к 1980 г. увеличиться в два раза. Однако в связи с неравномерным распределением ресурсов по территории СССР условия обеспечения заявленной потребности в различных республиках и экономических районах сильно различаются.

Следует отметить, что соотношение величин потребности в воде и эксплуатационных ресурсов может измениться в результате региональной оценки ресурсов подземных вод речных долин. Тем не менее ясно, что для ряда районов возможность удовлетворения заявленной потребности в пресных подземных водах без проведения дополнительных мероприятий представляется нереальной. Это, как отмечено выше, южные районы Украины, большая часть Туркмении, юго-восточные районы европейской части РСФСР, промышленные районы Донбасса и Урала, Северного и Центрального Казахстана и ряд других. Проблемы водоснабжения (особенно, централизованного) должны решаться здесь комплексно с учетом возможного использования поверхностных вод, искусственного восполнения запасов подземных вод, а также использования солоноватых и соленых вод после их опреснения.

Наиболее сложной проблемой является удовлетворение потребностей крупных потребителей в связи с невозможностью создания мощных концентрированных групповых водозаборов подземных вод даже при значительных общих эксплуатационных ресурсов района.

Обеспеченность городского населения подземными водами зависит не только от местоположения города, но и от заявленной потребности в воде. Очевидно, что чем больше потребность, тем меньше возможность удовлетворения ее концентрированными групповыми водозаборами. Как показала проведенная организациями Министерства геологии СССР под руководством ВСЕГИНГЕО работа по определению перспектив использования подземных вод для городского водоснабжения, из общего числа городов с потребностью менее 0,5 м³/с могут быть обеспечены примерно 90% городов, с потребностью от 0,5 до 5 м³/с — около 70%, в то же время при потребности свыше 5 м³/с только около 30% городов обеспечиваются подземными водами. Оценкой перспектив использования подземных вод для городского водоснабжения охвачено около 1330 городов и поселков городского типа, где проживает около 80% городского населения страны.

В целом по Советскому Союзу потребность городов в воде на уровне потребления 1980 г. обеспечивается примерно на 70%. В наиболее благоприятных условиях находятся города Белоруссии, Прибалтийских республик, Армении, Азербайджана, Киргизии и Узбекистана (90—100%), несколько хуже положение в Казахстане, Грузии, Молдавии, Таджикистане и Туркмении (70—85%). Наиболее сложными условиями водоснабжения за счет подземных вод характеризуются города Украинской ССР и РСФСР (55—60%).

Рассмотрим более подробно существующее и перспективное использование подземных вод по отдельным республикам СССР.

На территории Российской Федерации общий отбор подземных вод на городское и сельскохозяйственное водоснабжение составляет около 250 м³/с, из них около 150 м³/с приходится на водоснабжение городов. В связи с неравномерным распространением эксплуатационных ресурсов по площади и размещением потребителей подземных вод различные районы Российской Федерации характеризуются неодинаковой интенсивностью использования подземных вод для водоснабжения.

В европейской части РСФСР наибольшая плотность населения и промышленно развитые районы сосредоточены на западе — в пределах Московской и прилегающих к ней областей, наименее освоенные в хозяйственном отношении районы расположены севернее 60° с. ш. В Сибири и на Дальнем Востоке городское и сельское население проживает в основном южнее 60° с. ш.

В пределах европейской территории РСФСР наибольшие эксплуатационные ресурсы концентрируются в районах, расположенных в ее центральной и западной частях — на площадях Московского, Днепрово-Донецкого и Ленинградского артезианских бассейнов. Хозяйственно-питьевое водоснабжение большей части расположенных здесь городов и поселков базируется целиком на подземных водах, для технических целей во многих городах привлекаются поверхностные воды. Общий расход воды в этих районах составляет примерно третью часть потребления подземных вод на территории РСФСР. Величина водоотбора для отдельных городов и поселков изменяется в широких пределах — от нескольких кубических метров в секунду до нескольких десятков метров в секунду. Наиболее крупные водозаборы эксплуатируются для водоснабжения Москвы и областных центров (Рязани, Калуги, Тулы, Курска, Тамбова, Орла и др.). Как правило, в этом районе используются подземные воды месторождений артезианских бассейнов платформенного типа и речных долин.

В перспективе городское население наиболее развитых Центральных и Центрально-Черноземных районов в основном может быть обеспечено подземными водами. Исключение составляет Москва, потребность которой измеряется миллионами кубических метров в сутки, северная часть Брянской области (г. Брянск и др.), где в результате интенсивной эксплуатации верхнедевонского горизонта происходит его истощение.

В наиболее тяжелых условиях эксплуатации существующего и для организации перспективного водоснабжения за счет подземных вод находятся города Карельской АССР, Мурманской, Свердловской, Челябинской, Ярославской, Ивановской, Костромской, Горьковской, Волгоградской, Ростовской и Астраханской областей, расположенных на территории Балтийского бассейна трещинных вод, Уральской складчатой области, в северо-восточной части Московского и в Каспийском артезианском бассейнах. Большая часть городов перечисленных областей использует для хозяйственно-бытовых целей поверхностные воды.

Территория европейского севера РСФСР характеризуется разнообразными и в основном неблагоприятными условиями для организации городского водоснабжения за счет подземных вод. Европейский север имеет невысокую плотность населения. Города и поселки сосредоточены в основном на юго-западе Ленинградской, в Псковской, Новгородской и Вологодской областях. В пределах этих областей подземными водами могут быть обеспечены города с потребностью в основном в несколько сотен литров в секунду. В наименее благоприятных условиях организации водоснабжения за счет подземных вод в будущем окажутся города Архангельской, Мурманской областей и Карельской АССР. В несколько лучшем положении будут находиться города Коми АССР, которые можно будет обеспечить подземными водами в необходимом количестве.

Уральский район является одним из наиболее экономически развитых и слабо обеспеченных водой. В тяжелых условиях окажутся в будущем крупные города, расположенные в пределах горного Урала. Перспективная потребность в подземных водах таких городов, как Свердловск, Челябинск, Златоуст и др., может быть обеспечена только на 20—30%, совсем не обеспечен ряд городов Пермской и Оренбургской областей (Краснокамск и др.).

Территория Восточно-Русского артезианского бассейна (Кировская, Пермская, Куйбышевская, Оренбургская, Пензенская, Ульяновская, Саратовская области и Мордовская, Удмуртская, Чувашская, Татарская, Башкирская и Марийская автономные республики) характеризуется неравномерной обводненностью. Здесь для водоснабжения городов в равной мере используются подземные и поверхностные воды. В наиболее благоприятных условиях находятся города, расположенные около крупных рек: Волги, Камы, Белой, Ветлуги, Вятки, Урала и др. В долинах этих рек на участках, выполненных аллювиальными отложениями, действуют инфильтрационные водозаборы производительностью до 0,5 м³/с и более. Такие водозаборы снабжают водой ряд крупных городов (Оренбург, Уфу, Новокуйбышевск и др.). В будущем водоснабжение городов Куйбышевской, Пензенской областей, Башкирской АССР и Молдавской ССР может быть организовано за счет подземных вод аллювиальных отложений рек Волги, Белой, Уфы и др., а также мергельно-меловых и карбонатных отложений мела и карбона. Однако значительная часть городов, расположенных на территории Восточно-Русского артезианского бассейна (Киров, Горький, Волгоград и др.), практически не имеет источников подземных вод и использует главным образом поверхностные воды.

На территории Северного Кавказа менее благоприятные условия для организации водоснабжения городского населения за счет подземных вод на территории Ставропольского края и Ростовской области. Значительный дефицит в подземных водах в перспективе будет испытывать также ряд городов, расположенных на побережье Каспийского и Черного морей. Потребность большей части городов Краснодарского края, Кабардино-Балкарской, Чечено-Ингушской и Северо-Осетинской автономных республик может быть полностью удовлетворена за счет подземных вод.

Гидрогеологические условия Сибири и Дальнего Востока весьма разнообразны. Наиболее благоприятные условия для организации водоснабжения городского и сельского населения за счет подземных вод в Ангаро-Ленском бассейне (Иркутская область), Амуро-Зейском и Среднеамурском бассейнах (Амурская область и Хабаровский край). Различные условия для создания водозаборов отмечаются на территории Западно-Сибирского бассейна (Тюменская, Курганская, Омская, Новосибирская, Томская области, Алтайский край), в Кузнецком и Ми-

нусинском межгорных артезианских бассейнах (Кемеровская область и Красноярский край), Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская область) и Сихотэ-Алинской и Сахалинской складчатых областей (Приморский край и Сахалинская область).

Большая часть городов и поселков Сибири и Дальнего Востока расположена в южной части этой территории. Города преимущественно небольшие, с населением менее 50 тыс. человек и только примерно третья часть городов имеет население от 50 до нескольких сотен тысяч человек. Для городского водоснабжения используются главным образом поверхностные воды, подземных вод отбирается примерно 30 м³/с. Большую роль в водоснабжении городов играют подземные воды речных долин, где расположены наиболее значительные водозаборы — с производительностью 0,5—1 м³/с и более. Инфильтрационные водозаборы обеспечивают водой такие крупные города, как Красноярск, Хабаровск, Новокузнецк и др.

В Западной Сибири наименее благоприятные условия для водоснабжения городов отмечаются в Омской и Курганской областях, где распространены слабообводненные кайнозойские пески, содержащие воду повышенной минерализации. Подземными водами здесь не могут быть обеспечены даже поселки и небольшие города с потребностью в несколько десятков литров в секунду.

Для водоснабжения городов Курганской области могут быть рекомендованы после опреснения воды с повышенной минерализацией (до 1—3 г/л). Потребность г. Кургана может быть удовлетворена за счет этих вод примерно на 50%. Остальные города Западной Сибири не могут быть обеспечены в будущем подземными водами; они в основном имеют высокие потребности (1—3 м³/с) или находятся в неблагоприятных гидрогеологических условиях.

В Восточной Сибири и на Дальнем Востоке города расположены преимущественно в районах, обеспеченных подземными водами. Исключение составляют города Владивосток и Артем, находящиеся в районе развития слабообводненных кристаллических пород, г. Мирный, расположенный на территории, где развиты подземные воды повышенной минерализации, и часть городов о. Сахалина (Александровск, Чехов и др.), размещенные в горной части острова.

Потребности сельского населения на территории Российской Федерации в основном обеспечиваются подземными водами.

Территория Украинской ССР, так же как и РСФСР, характеризуется неравномерным распределением эксплуатационных ресурсов. Наряду с северными и западными районами, обеспеченными подземными водами (Днепровско-Донецкий и Волыно-Подольский артезианские бассейны), значительная площадь в центральной и южной частях, а также на западной окраине республики в пределах Украинского и Донецкого бассейнов трещинных вод, Причерноморского артезианского бассейна, Карпат и Горного Крыма слабо и неравномерно обеспечена ресурсами подземных вод.

Для водоснабжения на территории Украины отбирается около 95 м³/с подземных вод, из них используется на нужды городов около 50 м³/с и сельского населения — 45 м³/с. Подземные воды составляют примерно четвертую часть в общем балансе водопотребления Украинской ССР. В городах подземные воды расходуются в основном для хозяйственно-питьевого водоснабжения (75%) и в меньшей степени на промышленные цели (25%). Общая потребность в хозяйственно-питьевой воде городского населения удовлетворяется за счет подземных вод примерно на 70%.

По материалам на 1965 г. («Гидрогеология СССР», т. V), на Украине эксплуатируется около 45 тыс. скважин и свыше 90 тыс. шахтных колодцев. Примерно 60% действующих скважин и практически все шахтные колодцы снабжают водой сельское население и животноводство. Для орошения используется около 20% скважин, главным образом на юге Украины, и 20% скважин для городских нужд.

Водоснабжение большей части областных центров Украины базируется в основном на подземных водах. Исключение составляют некоторые города, расположенные на площади Причерноморского артезианского бассейна и в пределах Украинского бассейна трещинных вод. Водоотбор, превышающий 1 м³/с, осуществляется в Киеве и Харькове, в остальных крупных городах Украины потребление подземных вод не превышает 0,5—1 м³/с. Наиболее производительные водозаборы в Украинской ССР эксплуатируют подземные воды месторождений артезианских бассейнов платформенного типа (главным образом Днепровско-Донецкого и Волыно-Подольского артезианских бассейнов) и речных долин (Северского Донца в Ворошиловградской, Донецкой и Харьковской областях, Днепра в Херсонской области, Дуная в Одесской области и др.). Определенное значение имеют месторождения ограниченных структур трещиноватых и закарстованных пород (юго-западная часть Донбасса, Предкарпатье).

В небольших городах Украины и поселках городского типа потребность в воде удовлетворяется в основном за счет подземных вод. Эксплуатируются одиночные или небольшие группы скважин с суммарным дебитом от нескольких десятков литров в секунду до 200 л/с. В наиболее благоприятных условиях для водоснабжения находятся города западных и северо-восточных областей (Волынской, Ровенской, Львовской, Тернопольской, Хмельницкой, Черновицкой, Закарпатской, Киевской, Черниговской, Сумской, Полтавской, Черкасской, Харьковской), которые и в будущем практически все могут быть обеспечены подземными водами.

Менее обеспечены подземными водами города Житомирской, Винницкой, Кировоградской, Днепропетровской и Запорожской областей, расположенные на площади развития слабообводненных кристаллических пород. Перспективная потребность здесь не только областных центров и крупных промышленных городов, но и многих мелких городов и поселков не может быть обеспечена подземными водами.

Район Донбасса представляет собой один из наиболее густо населенных и наименее обеспеченных подземными и поверхностными водами районов. Потребность городов Донецкой области в перспективе можно удовлетворить за счет подземных вод только на 25—30%, города Ворошиловградской области могут быть обеспечены подземными водами за счет расширения водозаборов в долинах Северского Донца и его притоков.

Города южной части Украины обеспечены подземными водами неравномерно. Практически лишены подземных вод для централизованного водоснабжения Одесса и Николаев. Города Херсонской и ряд небольших городов Одесской и Николаевской областей с потребностью в несколько сотен литров в секунду могут быть обеспечены за счет подземных вод.

В Крымской области города, расположенные в северной части Крымского полуострова, могут быть обеспечены подземными водами в требуемых количествах, а города, расположенные на юге, только на 25—30%.

Потребности сельского населения обеспечиваются главным образом за счет подземных вод, за исключением отдельных районов Украин-

ского бассейна трещинных вод, Причерноморского артезианского бассейна и восточной окраины Крыма.

Поверхностные воды используются на Украине преимущественно для технического водоснабжения и орошения. На поливных землях используются также подземные воды (главным образом в Крымской и Херсонской областях). По данным, приведенным в «Гидрогеологии СССР», т. V, в 1965 г. на орошение 60 тыс. га в южных районах Украины было отобрано около 8 м³/с подземных вод.

Территория Белорусской ССР по условиям обеспеченности подземными водами относится к наиболее благоприятным в Советском Союзе. Наиболее широко для водоснабжения используются подземные воды четвертичных, палеогеновых, верхнемеловых и девонских отложений. При этом эксплуатируются месторождения флювиогляциальных отложений, а также артезианских бассейнов платформенного типа. Для водоснабжения городов и поселков городского типа используется около 12 м³/с подземных вод, примерно столько же отбирается в сельской местности.

Водоснабжение городов и поселков базируется преимущественно на подземных водах. Производительность отдельных водозаборов не превышает 0,3—0,5 м³/с. Наиболее крупные водозаборы подземных вод находятся в Минске и Гомеле. Сельское население эксплуатирует в основном колодцы и родники, на фермах работают одиночные скважины.

Возможности увеличения водоотбора на территории Белоруссии большие и перспективная потребность может быть удовлетворена за счет подземных вод.

На территории среднеазиатских союзных республик (Узбекистана, Киргизии, Таджикистана и Туркмении) подземные воды играют значительную роль в водоснабжении городского и сельского населения, а также в орошении. Всего в этом крупном регионе отбирается более 40 м³/с для водоснабжения городов, около 12 м³/с для сельскохозяйственных объектов и около 60 м³/с на орошение.

Наиболее благоприятными гидрогеологическими условиями характеризуется южная часть рассматриваемой территории, находящаяся в пределах Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирской и Копет-Дагско-Большебалханской гидрогеологических складчатых областей, где расположена большая часть крупных водопотребителей. Преобладающее количество ресурсов пресных подземных вод концентрируется здесь в межгорных впадинах и предгорных прогибах, формируя крупные месторождения конусов выноса и речных долин. За счет подземных вод Чуйского, Ферганского, Приташкентского, Иссык-Кульского, Зеравшанского и ряда других межгорных артезианских бассейнов осуществляется полное или частичное водоснабжение таких крупных городов, как Фрунзе, Душанбе, Ленинабад, Джалал-Абад, Фергана, Маргелан, Ош и др., а за счет подземных вод конусов выноса в предгорьях Копет-Дага — г. Ашхабад. Дебиты отдельных, наиболее крупных водозаборов достигают здесь нескольких кубических метров в секунду. Однако, несмотря на благоприятные гидрогеологические условия, в ряде районов большую роль в водоснабжении играют поверхностные воды.

Значительно более сложными условиями водоснабжения характеризуется западная часть Узбекистана, расположенная главным образом в пределах Туранской платформенной области, и большая часть территории Туркмении. Наиболее благоприятная гидрогеологическая обстановка здесь характерна для долин рек, где могут формироваться достаточно крупные месторождения подземных вод. В пустынях Кызылкумов определенное значение имеют подземные воды малых артезианских бассейнов платформенного типа, где в меловых отложениях концентриру-

ются крупные эксплуатационные ресурсы слабосолоноватых вод. В настоящее время подземные воды используются здесь для снабжения городов Самарканда, Хивы, Ургенча, Ташауза, а вместе с поверхностными водами — Бухары, Карши и др.

В Западной части Узбекской и Туркменской республик большую роль в водоснабжении играют месторождения, приуроченные к линзам пресных вод. Так, удовлетворение потребностей ряда городов Западной Туркмении (Красноводска, Челекена, Небит-Дага) базируется на использовании подземных вод Ясханской линзы.

Территория Туркменской ССР в целом характеризуется неблагоприятными условиями для организации водоснабжения за счет подземных вод. Города западной части Туркмении в перспективе могут быть обеспечены подземными водами за счет расширения существующих водозаборов, подающих воду из линз пресных вод на расстояние до 100 км. Однако города и поселки, расположенные в предгорьях Копет-Дага, где конусы выноса содержат значительные запасы пресных вод, могут быть полностью обеспечены подземными водами.

Большая часть городов и поселков Таджикской, Киргизской и Узбекской союзных республик, расположенных в пределах межгорных или предгорных артезианских бассейнах, как правило, богатых запасами подземных вод, перспективную потребность может удовлетворить за счет подземных вод.

Для нужд сельскохозяйственных объектов подземные воды в республиках Средней Азии используются пока недостаточно. Значительная часть населенных пунктов снабжается за счет поверхностных источников, в том числе ирригационных каналов, вода которых имеет неудовлетворительные санитарные показатели. Обводнение пустынных пастбищ осуществляется главным образом за счет подземных вод с повышенной минерализацией (до 5 г/л), горных пастбищ — родниковых и речных вод.

На территории среднеазиатских республик для орошения эксплуатируются главным образом родники (выклинивающиеся подземные воды) и отдельные скважины, работающие, как правило, на самоизливе. Однако в последние годы, по данным специальных разведочных работ, было сооружено несколько крупных скважинных водозаборов, общая производительность которых достигает нескольких кубических метров в секунду.

В пределах Казахской ССР с целью водоснабжения городского и сельского населения отбирается около 30 м³/с (около 16 м³/с для городов и 12 м³/с для сельскохозяйственных объектов). Кроме того, примерно 10 м³/с расходуется для целей орошения.

Наиболее благоприятными гидрогеологическими условиями характеризуется Южный Казахстан, главным образом та его часть, что расположена в Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирской гидрогеологической складчатой области. Здесь формируются крупные месторождения подземных вод в конусах выноса и речных долинах. В большей части городов Южного Казахстана водоснабжение базируется на использовании подземных водоисточников (Джамбул, Чимкент, Талды-Курган и др.) либо на подземных и поверхностных совместно (Алма-Ата). Лишь отдельные города используют для водоснабжения только поверхностные воды (Кзыл-Орда, Ленинск). Дебиты отдельных водозаборов подземных вод достигают 500—1000 л/с. В перспективе потребность городов Южного Казахстана может быть удовлетворена за счет подземных вод.

Преимущественно подземными водами удовлетворяются нужды городов Восточного Казахстана (Зыряновск, Лениногорск, Семипалатинск, Усть-Каменогорск и др.), расположенных в пределах Саяно-Ал-

тайско-Енисейской складчатой области. В этом районе Казахстана широко эксплуатируются подземные воды аллювиальных отложений речных долин Иртыша, Ульбы, Уды и других рек. Производительность водозаборов здесь достигает 1 м³/с и более. В будущем города Восточного Казахстана будут практически обеспечены подземными водами.

Несколько более сложные условия для водоснабжения в городах Центрального Казахстана, расположенных в Центрально-Казахстанской складчатой области. Однако и здесь разведаны крупные месторождения подземных вод речных долин и ограниченных структур, сложенных трещиноватыми и закарстованными породами. Большая часть городов рассматриваемого района (Караганда, Балхаш, Абай, Темиртау, Сарань и др.) удовлетворяет потребности в хозяйственно-питьевой воде за счет подземных источников. Джезказган и Каратау имеют смешанное водоснабжение. Дебиты водозаборов достигают 500—1000 л/с и более.

Водоснабжение городов Западного Казахстана базируется на использовании подземных вод долин рек Илека, Урала и Алги (Актюбинск, Уральск, Алга), песчаных массивов (нефтепромыслы Мангышлака) и артезианских бассейнов платформенного типа (Шевченко, Узень и др.). Воды меловых отложений артезианских бассейнов солоноватые, поэтому для водоснабжения г. Шевченко они используются после смешения с дистиллятом опреснительной установки. Города, расположенные в долинах рек Урала, Алги и Илека, в будущем будут обеспечены пресными подземными водами, потребности районов Мангышлака могут быть удовлетворены только при условии опреснения сильно солоноватых вод.

Города на территории Северного Казахстана имеют неблагоприятные условия для водоснабжения за счет подземных вод, что сохранится и в будущем, особенно в Северо-Казахстанской, Целиноградской, южной и юго-восточной частях Кустанайской областей. Водоснабжение большей части крупных городов Северного Казахстана (Петропавловск, Целиноград, Павлодар, Экибастуз) осуществляется за счет поверхностных вод, ряд городов (Кустанай, Атбасар) снабжается за счет подземных и поверхностных вод, целиком на подземных водах базируется водоснабжение городов Кокчетава и Степняка.

Условия для сельскохозяйственного водоснабжения на территории Казахстана крайне неоднородны. Обводнение объектов селького хозяйства во многих районах Казахстана осуществляется за счет поверхностных вод, однако в ряде районов широко используются подземные воды, в том числе и повышенной минерализации.

На территории республик Закавказья подземные воды широко используются для удовлетворения нужд городов, сельского хозяйства и для орошения (соответственно 27; 5 и около 100 м³/с).

Большая часть крупных городов Грузии (Тбилиси, Рустави, Сухуми, Батуми, Кутаиси и др.) используют подземные воды месторождений речных долин, где дебиты отдельных водозаборов достигают нескольких кубических метров в секунду. Водоснабжение городов Армении почти полностью базируется на использовании подземных вод молодых лавовых потоков, эксплуатация которых происходит главным образом путем каптажа крупных родников. Более сложными условиями для водоснабжения характеризуются города Азербайджана. Большая часть городов, расположенных в пределах межгорных артезианских бассейнов (Алазань-Агричайский, Кировабад-Казахский, а также в предгорьях Малого и Большого Кавказа используют подземные воды или обеспечены смешанным водоснабжением (поверхностные воды и подземные воды совместно). Однако города, расположенные в восточной части Куринского

артезианского бассейна (Али-Байрамлы, Нефтечала, Сальяны), где подземные воды имеют повышенную минерализацию, используют для водоснабжения поверхностные водоисточники.

В закавказских республиках города и поселки, как правило расположены в межгорных впадинах или на предгорных равнинах, богатых подземными водами. Поэтому в большем числе рассмотренных городов Грузии, Азербайджана и Армении водоснабжение в будущем может полностью базироваться на подземных водах, за исключением городов восточной части Азербайджана, расположенных в районе развития высокоминерализованных подземных вод.

Наиболее крупным потребителем подземных вод в Закавказье является орошаемое земледелие (орошаемые площади составляют около 100 тыс. га). Основная часть орошаемых площадей расположена в Азербайджане, где для полива используются пресные воды родников и кяризов, а в восточной части Куринского бассейна и воды повышенной минерализации.

На территории Прибалтики подземные воды достаточно широко используются для городского и сельскохозяйственого водоснабжения. Общий отбор подземных вод составляет около 18 м³/с, из них около 13 м³/с приходится на городское водоснабжение. На рассматриваемой территории формируются главным образом два типа месторождений подземных вод — речных долин и артезианских бассейнов платформенного типа. За счет этих месторождений удовлетворяются хозяйственно-питьевые нужды большей части городов (Вильнюс, Каунас, Таллин, Рига, Вентспилс, Лиепая, Клайпеда, Шауляй, Резекне, Кохтла-Ярве). В некоторых крупных городах (Таллин, Каунас, Елгава, Даугавпилс, Рига) кроме подземных вод используются и поверхностные (главным образом для технического водоснабжения). Снабжение г. Нарвы целиком базируется на поверхностных водах.

Обычно производительность водозаборов на месторождениях артезианских бассейнов не превышает 100—300 л/с. Значительно большими расходами характеризуются водозаборы в речных долинах, где дебиты группы скважин в ряде случаев достигают 1м³/с и более. На некоторых водозаборах организовано искусственное восполнение эксплуатационных ресурсов подземных вод, позволившее увеличить производительность каптажных сооружений.

По условиям обеспеченности населения подземными водами в благоприятных условиях находятся населенные пункты Латвии и Эстонии. Из всех рассмотренных здесь городов только в Таллине и Нарве потребность в подземных водах в перспективе может быть удовлетворена на 50—75%. Значительно хуже условия обеспечения подземными водами Литовской ССР. Здесь ряд городов в будущем будет обеспечен подземными водами только на 30—60% от их потребности.

В Молдавской ССР водоснабжение почти всех крупных городов и небольших поселков базируется на использовании подземных вод, и только в Кишиневе наряду с подземными эксплуатируются поверхностные воды. Общий отбор подземных вод в Молдавии составляет около 7 м³/с, из них около 6 м³/с приходится на городское водоснабжение. На территории Молдавии развиты месторождения подземных вод артезианских бассейнов платформенного типа и речных долин. Наиболее крупные водозаборы расположены в городах Бельцы, Бендеры, Тирасполь, Кишинев. Дебиты отдельных водозаборов достигают 1 м³/с, большая часть их имеет производительность до 100 л/с. Все города и поселки республики, за исключением Кишинева, Бельцы, Флоешты, свои нужды в будущем смогут удовлетворить за счет подземных вод.

В таблице 27 приведены сводные данные об использовании подземных вод по союзным республикам. Рассматривая приведенные в таблице данные, можно отметить следующее.

Таблица 27

Использование подземных вод для водоснабжения на территории Советского Союза

Республика	Эксплуатационные ресурсы, м³/с	Использование подземных вод, м³/с			% использования эксплуатационных ресурсов
		городское водоснабжение	сельскохозяйственное водоснабжение	всего	
РСФСР	5545	150	100	250	4,5
Украинская ССР	500	50	45	95	19
Белорусская ССР	500	12	13	25	5
Узбекская ССР	950	20	10	30	3
Казахская ССР	1500	16	12	28	2
Грузинская ССР	60	12	1	13	21
Азербайджанская ССР	130	5	3	8	6
Литовская ССР	30	5,5	1	6,5	22
Молдавская ССР	15	6	1	7	50
Латвийская ССР	70	6	2	8	11
Киргизская ССР	440	6,5	1,5	8	2
Таджикская ССР	170	7	2,5	9,5	5,5
Армянская ССР	100	10	1	11	11
Туркменская ССР	35	5,5	0,5	6	17
Эстонская ССР	70	2	1,5	3,5	5
Всего	~10 100	313	195	508	5

Примечание. Итоговые цифры по Советскому Союзу и величины эксплуатационных ресурсов по республикам приведены с округлением.

В настоящее время в СССР учет потребления подземных (и поверхностных) вод поставлен неудовлетворительно. Если величина использования подземных вод для городского водоснабжения, установленная в процессе обследования действующих водозаборов в 1968—1970 гг., более достоверна, то объем использования подземных вод для сельскохозяйственного водоснабжения определен очень ориентировочно.

В таблице 27 приведены данные об использовании подземных вод для водоснабжения по Советскому Союзу, за исключением сведений, касающихся орошения, так как имеющиеся цифры очень противоречивы и требуют уточнения. Как отмечено выше, общий отбор подземных вод для орошения оценивается в 200—300 м³/с. Однако следует учитывать, что для орошения во многих республиках используется главным образом вода родников (карасу) кяризов и т. п., т. е. те подземные воды, которые не учитывались при оценке эксплуатационных ресурсов.

Данные табл. 27 показывают, что в целом по Советскому Союзу величина использования подземных вод по сравнению с подсчитанными эксплуатационными ресурсами очень мала — не превышает 5%. Однако по отдельным союзным республикам она достигает значительных величин (Молдавия — 50%, Литва — 22% и др.).

Как неоднократно упоминалось выше, в количество эксплуатационных ресурсов не входят привлекаемые ресурсы, которые образуются в долинах рек при работе инфильтрационных водозаборов. В связи с этим приведенные в табл. 27 цифры в процентах, отражающие использование подземных вод по отдельным союзным республикам и по стране в целом, являются завышенными.

Из приведенной характеристики использования подземных вод видно, что для централизованного водоснабжения эксплуатируются главным образом месторождения подземных вод речных долин и артезианских бассейнов платформенного типа. В среднеазиатских, закавказских республиках и на юге Казахстана большое значение имеют также месторождения конусов выноса и межгорных артезианских бассейнов. В отдельных районах СССР значительную роль играют следующие месторождения: ограниченных структур и массивов, сложенных трещиноватыми и закарстованными породами (Центральный и Северный Казахстан, Урал и некоторые другие), флювиогляциальных отложений (Белоруссия), песчаных массивов (Западный Казахстан, Туркмения).

В городах, использующих для водоснабжения подземные воды, в 56% случаях производительность водозаборов не превышает 10 тыс. м³/сут, в 27% — составляет от 10 до 50 тыс. м³/сут и только в 16% — превышает 50 тыс. м³/сут. Как отмечено выше, бо́льшая часть городов использует либо подземные, либо подземные и поверхностные воды. На поверхностных водах базируется водоснабжение тех крупных городов, потребность которых, как правило, не может быть удовлетворена за счет подземных вод, и городов, расположенных в неблагоприятных гидрогеологических условиях (Поволжье, восточная часть Азербайджана и др.). В то же время ряд небольших и средних городов, расположенных в достаточно благоприятных гидрогеологических условиях, использует для хозяйственно-питьевого водоснабжения поверхностные воды, в основном в связи со слабым освоением ресурсов подземных вод, в том числе разведанных. Так, в Казахстане использование подземных вод не превышает 22% от выявленных эксплуатационных запасов категорий А и В, на Украине — 37%, в РСФСР — 46%.

В связи с отсутствием точных данных трудно установить долю подземных вод, используемых для технического водоснабжения. Тем не менее в ряде районов значительная часть подземных вод используется именно в этих целях. Однако следует учитывать, что в соответствии с «Основами водного законодательства СССР и союзных республик» использование подземных вод питьевого качества для технического водоснабжения и орошения разрешается только в исключительных случаях. Непременным условием такого использования является первоочередное удовлетворение перспективных потребностей населения в хозяйственно-питьевой воде.

В то же время в некоторых районах, которые в настоящее время испытывают недостаток в хозяйственно-питьевой воде, подземные воды используются для технического водоснабжения (центральные районы европейской части СССР) или орошения (Крымская область). Поэтому одной из основных задач, решение которой будет способствовать удовлетворению потребностей населения в хозяйственно-питьевой воде, является перевод в таких районах технического водоснабжения и орошения на поверхностные воды.

Потребности сельскохозяйственного водоснабжения в перспективе могут быть обеспечены (в связи с малыми объемами) почти повсеместно. Однако в некоторых южных районах для этих целей потребуется опреснение сильносолоноватых и соленых подземных вод. Как отмечено выше, использование подземных вод для орошения возможно только в тех случая, когда запасы полностью удовлетворяют перспективные потребности хозяйственно-питьевого водоснабжения. При этом необходимо обязательно учитывать технико-экономические показатели и общие мелиоративные условия. Даже с учетом приведенных соображений можно считать, что в ряде районов страны подземные воды для орошения используются совершенно недостаточно. К ним относятся предгорные

равнины и межгорные впадины среднеазиатских республик, Закавказья и Южного Казахстана, некоторые южные районы Украины и ряд других.

Возможность практического использования подземных вод непосредственно зависит от степени их изученности, т. е. от величины разведанных запасов подземных вод. При характеристике степени изученности, в частности, было отмечено, что за последние годы прирост эксплуатационных запасов составил около 120 м³/с в год. Примерно на таком же уровне этот прирост должен сохраняться и в последующие годы, чтобы обеспечить заявленную потребность в хозяйственно-питьевой воде, а в отдельных районах и для орошения.

Глава IV

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ МИНЕРАЛЬНЫХ, ТЕРМАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОД

РЕСУРСЫ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

Общие сведения, использование, потребность

Многие разновидности подземных вод могут быть использованы в лечебных целях и в качестве столовых напитков. К этой категории вод, т. е. к минеральным водам, относятся природные воды, которые могут оказывать на организм человека лечебное воздействие, обусловленное либо повышенным содержанием отдельных полезных терапевтически активных компонентов их ионно-солевого или газового состава, либо общим ионно-солевым составом воды *.

В этом определении, как и во многих других (Иванов, Невраев, 1964, и др.), основным показателем для отнесения природных вод к категории минеральных (лечебных) является свойство оказывать на организм человека лечебное действие. Такой прямой показатель применим к водам, проверенным в отношении их терапевтической активности. Однако при решении многих задач, связанных с оценкой и практическим освоением ресурсов минеральных вод тех или иных территорий, приходится, как правило, иметь дело с водами, с этой точки зрения не изученными. Поэтому помимо прямого показателя используются косвенные критерии — особенности химического состава воды, которые дают основание считать ее терапевтически активной по аналогии с водами, уже используемыми для лечения.

Нормы для отнесения вод к категории минеральных, основанные на химических и физических критериях, изменяются по мере накопления данных о лечебном действии вод и физиологическом значении отдельных компонентов их состава. Заметна тенденция к некоторому повышению требований, которые предъявляются к природным водам при оценке их пригодности для лечебного использования. В настоящее время действуют нормы, рекомендованные Центральным научно-исследовательским институтом курортологии и физиотерапии в 1964 г.

Существующие общие бальнеологические классификации минеральных вод основываются на соотношениях химических и физических свойств вод, наиболее важных в лечебном отношении (степень минерализации, особенности основного ионного состава, наличие тех или иных специфических биологически активных компонентов солевого и газового состава, температура).

В большей части таких классификаций (Иванов, Невраев, 1964 и др.) выделяется группа так называемых специфических минеральных вод, содержащих в повышенных количествах тот или иной биологически активный компонент. Наименование водам, входящим в эту группу, дается по биологически активному компоненту, например воды железистые, углекислые, иодистые, сероводородные (сульфидные), радоновые

* Такое определение минеральным водам дано в «Гидрогеологии СССР», т. I, а также в книге А. М. Овчинникова (1963).

и т. п. Воды, не содержащие в повышенных количествах специфических биологически активных компонентов, объединяются во вторую основную группу минеральных вод — неспецифических. Они обычно называются по основному ионному составу: хлоридные натриевые, гидрокарбонатно-хлоридные натриевые, сульфатные кальциевые и т. д.

Необходимо учитывать, что одна и та же вода может быть отнесена к различным группам минеральных вод, если принадлежность ее к категории минеральных определяется не одним, а, что бывает часто, рядом показателей. Установленные и общепринятые критерии, которые давали бы возможность избежать в таких случаях субъективного подхода, в настоящее время отсутствуют. Поэтому при оценке минеральной воды обычно руководствуются некоторыми общими соображениями, учитывающими степень биологической активности отдельных компонентов.

Широкое применение в настоящее время приобрела удобная в практическом отношении типизация минеральных вод, основанная на подразделении их на характерные разновидности, обладающие сходством большого комплекса свойств с хорошо изученными и получившими известность минеральными водами. Таким путем выделяются минеральные воды типа Боржоми, Ессентуков, Нарзана, Мацесты и др.

Наша страна в целом обладает исключительным многообразием минеральных вод. Достаточно отметить, что в классификации минеральных вод СССР, разработанной в Центральном научно-исследовательском институте курортологии и физиотерапии (Иванов, Невраев, 1964), выделено 97 типов минеральных вод; на гидрохимической карте СССР масштаба 1 : 5 000 000 (главные редакторы И. К. Зайцев и Н. И. Толстихин, 1964 г.) — 113. Но и это большое разнообразие типов, разумеется, не охватывает всех разновидностей минеральных вод.

Минеральные воды СССР представлены всеми основными видами специфических минеральных вод: углекислыми, сероводородными, углекисло-сероводородными, радоновыми, мышьяковистыми (мышьяковыми), иодными, бромными, иодо-бромными, железистыми, слабоминерализованными щелочными кремнистыми термами, кислыми. В каждом из этих типов вод в свою очередь выделяются разновидности, отличающиеся концентрацией биологически активного компонента, ионным составом, минерализацией и пр. Число разновидностей минеральных вод, не содержащих повышенных концентраций специфических биологически активных веществ, также очень велико. Учитывая это, ниже при характеристике распределения различных типов минеральных вод в пределах отдельных гидрогеологических областей упоминаются лишь основные крупные группы минеральных вод. В табл. 28 приведены некоторые разновидности минеральных вод, входящие в эти группы, а также указаны их аналоги из числа вод, хорошо известных и используемых в лечебных целях.

От комплекса свойств, которыми обладает минеральная вода, зависит характер ее лечебного использования. Всего в СССР насчитывается около 300 курортов, санаториев и местных бальнеолечебниц, использующих минеральные воды, и около 120 заводов розлива.

Представление об относительном значении различных типов минеральных вод в общем объеме их современного потребления санаторно-курортными учреждениями и местными бальнеолечебницами дают данные, приведенные в табл. 29.

Таким образом, здравницами эксплуатируются больше месторождений сероводородных, слабоминерализованных кремнистых терм и углекислых вод. Значительно меньше используются другие специфические

Таблица 28

Основные группы и разновидности минеральных вод

Основные группы минеральных вод	Разновидности минеральных вод	Представители известных минеральных вод
Воды специфические		
Углекислые	Гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые или сложного катионного состава	Нарзан, Дарасун, Железноводск (Славяновский источник)
	Гидрокарбонатные натриевые	Боржоми, Лужанская, Поляньская, Сираб
	Гидрокарбонатно-хлоридные натриевые	Ессентуки, Джавская, Драговская
	Сложного анионного и катионного состава	Пятигорские нарзаны, Джермук, Исти-Су и др.
Сероводородные (сульфидные)	Крепкие, различного ионного состава	Мацеста, Талги, Шиховская, Ключи, Сергиевские минеральные воды
	Слабые, различного ионного состава	Кемери, Чапаевские, Менджи
Сероводородные углекислые	—	Пятигорские сернисто-углекислые
Радоновые	Средней и высокой концентрации радона	Джеты-Огуз, Молоковка, Пятигорские радоновые, Хмельник
	Низкой концентрации радона, слабоминерализованные, холодные	Липовские, Кисегач
Мышьяковистые и мышьяковые	Углекислые	Сипегорская, Джульфинская, Чвижипсинская
	Купоросные	Зуби
Железистые	Гидрокарбонатные	Полюстрово, Марциальные № 3
	Сульфатные	Марциальные № 1
Иодисто-бромистые	Иодистые	Семигорские
	Бромистые	Белая горка
	Иодисто-бромистые	Хадыжи, Тюмень, Талица
Слабоминерализованные термы	Обогащенные радоном	Белокуриха, Цхалтубо, Аксу, Нилова Пустынь
	Не обогащенные радоном	Кульдур, Ташкентская, Горячинск
Кислые воды	Рудничного типа	Гай
	Фумарольного типа	Кислый Ключ, Восточно-Эбекский
Воды неспецифические		
Сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные	Кальциевые и сложного катионного состава	Кранинка, Московская минеральная, Кашин, Баталинская
	Натриевые	Козьмодемьянская
Хлоридно-сульфатные	Натриевые	Феодосия (Паша-Тепе), Новоижевская, Трускавец № 7, Шаамбары
	Сложного катионного состава	Ижевская, Крымский нарзан, Угличская
Хлоридные	Натриевые	Миргород, Нижние Серги, Старая Русса, Минск
	Натриево-кальциевые	Пирну, Друскининкай, Масалынская
Хлоридно-гидрокарбонатные	Натриевые	Рычал-Су, Обуховская, Сакская
	Сложного катионного состава	Сурами

Продолжение табл. 28

Основные группы минеральных вод	Разновидности минеральных вод	Представители известных минеральных вод
Прочие неспецифические воды		
Гидрокарбонатные Трехкомпонентного анионного состава и др.	Натриевые	Карлешты, Ачалуки
	—	Мелитопольская
Рассольные минеральные воды	Простые, слабые и крепкие	Московской бальнеолечебницы, Чартак, Усолье Сибирское
	Йодисто-бромистые и бромистые	Усть-Качка, Вологда
	Сероводородные	Усть-Качка, Трускавец, Серегово, Ангара
	Углекислые	Ереванская

Таблица 29

Распределение санаторно-курортных учреждений и местных бальнеолечебниц по типам используемых минеральных вод

Тип минеральных вод	% от общего числа лечебных учреждений, использующих минеральные воды
Специфические воды	56
в том числе:	
углекислые	13
сероводородные	15
радоновые	2
слабоминерализованные кремнистые термы	15
прочие специфические	11
Неспецифические воды	44
в том числе:	
сульфатные	8
хлоридно-сульфатные	9
хлоридные	11
прочие неспецифические	5
рассольные	11

воды, совсем мало радоновые. Большое значение в бальнеологии имеют различные неспецифические воды.

Распределение розлива лечебно-столовых и лечебных вод по различным типам минеральных вод характеризуется данными табл. 30.

Основная группа минеральных вод, используемых для бутылочного розлива,—углекислые воды. Розлив их составляет немного меньше половины общего объема розлива. Воды, содержащие заметные количества сероводорода, разливаются в единичных случаях.

Относительное значение углекислых вод в общем объеме розлива постепенно снижается в связи с созданием большого числа разливочных предприятий, базирующихся на месторождениях неуглекислых вод. Последние и в дальнейшем будут использоваться более широко, поскольку содержание в натуральной воде углекислоты не входит в число показателей, учитываемых ГОСТ на лечебные и лечебно-столовые воды бутылочного розлива.

Потребность в минеральной воде бальнеологического учреждения составляет обычно несколько сотен и десятков кубических метров в

Распределение розлива по различным типам минеральных вод

Таблица 30

Воды	% от общего объема розлива
Углекислые	45
в том числе:	
типа Боржоми	10
» Ессентуки	11
» Нарзана	5
прочие углекислые	19
Неуглекислые	55
в том числе:	
сульфатные типа Московской, Краинской	7
хлоридно-сульфатные типа Ижевской, Угличской	18
хлоридные типа Мигородской; Вальмиера	18
хлоридно-гидрокарбонатные типа Рычал-Су	5
пресные, преимущественно гидрокарбонатные кальциевые типа Березовской, Регина	5
прочие неуглекислые	2

сутки, а крупных бальнеологических курортов — несколько тысяч кубических метров в сутки. Для курортов и санаториев, использующих минеральную воду исключительно с лечебно-питьевой целью, потребное количество ее весьма ограничено (единицы, иногда первые десятки кубических метров в сутки).

Всего курортами, санаториями и другими лечебными учреждениями СССР в настоящее время потребляется около 25—30 тыс. м³/сут минеральной воды.

Потребность в эксплуатационных ресурсах минеральных вод в дальнейшем будет возрастать по мере расширения сети санаторно-курортных учреждений и местных бальнеолечебниц, т. е. бальнеологических учреждений, находящихся в ведении местных органов здравоохранения или отдельных крупных промышленных, сельскохозяйственных и транспортных предприятий.

Развитие санаторно-курортной сети СССР, осуществляемое согласно перспективному плану, разработанному ВЦСПС, требует введения в эксплуатацию ежегодно одного-двух новых бальнеологических курортов и увеличения числа коек на действующих бальнеологических курортах приблизительно на 10 тыс. в год. Такому развитию санаторно-курортной сети соответствует ежегодное увеличение потребности в эксплуатационных ресурсах минеральных вод на 2500—3000 м³/сут, т. е. на 10% от современного потребления минеральных вод бальнеологическими учреждениями страны.

Увеличение потребности в минеральных водах, определяемое развитием сети внекурортных бальнеолечебниц, оценить в настоящее время даже весьма приближенно не представляется возможным, поскольку это развитие централизованно не планируется. Сейчас потребности местных бальнеолечебниц увеличиваются в значительно меньшей степени по сравнению с санаторно-курортными учреждениями. В дальнейшем, по-видимому, они значительно повысятся, поскольку некурортное (амбулаторное) использование минеральных вод высокоэффективно и позволяет охватить бальнеолечением широкие слои населения без отрыва от производства.

Розлив 1 млн. поллитровых бутылок в год обеспечивается дебитом минеральной воды около 2,5—3 м³/сут, даже если принять, что потери воды в процессе розлива составляют 30% от общего эксплуата-

ционного расхода ее (на заводах розлива Боржоми производственные потери минеральной воды в настоящее время не превышают 20—25%). Производительность отдельных заводов варьирует в широких пределах. Наряду с заводами, выпускающими многие десятки и даже сотни миллионов бутылок в год, имеются и небольшие цехи розлива, продукция которых не превышает сотен тысяч бутылок в год.

Эксплуатационный расход минеральных вод, необходимый для обеспечения современной суммарной мощности предприятий бутылочного розлива, составляет ориентировочно 3,5—4 тыс. м³/сут. В ближайшие годы потребность в эксплуатационных ресурсах минеральных вод для розлива возрастет и будет составлять к 1980 г. около 12 тыс. м³/сут.

Данные о распространении торговыми организациями минеральных вод бутылочного розлива по союзным республикам и крупным географо-экономическим районам РСФСР позволяют судить об относительной ценности различных типов минеральных вод и о значении их для отдельных территорий.

Четко выделяются группы вод, которые распространяются торговыми организациями по всему Советскому Союзу. К ним относятся Нарзан, Ессентуки, Боржоми, железноводские воды (Славянская, Смирновская), Джермук, Анкаван, Арзни. Розлив этих вод составляет существенную долю (около 30—35%) в общем объеме розлива минеральных вод СССР. Другая группа вод, например Саирме, Скури, Бадамлы, Нафтуся, Березовская, закарпатские воды, Миргородская, также распространяется в различных районах СССР, но не столь широко, как воды первой группы. Наконец, многие минеральные воды бутылочного розлива имеют почти исключительно местное (республиканское и межобластное) значение.

Потребление минеральных вод на душу населения по отдельным республикам и экономическим районам и относительное значение вод местного розлива характеризуются показателями, приведенными в табл. 31.

Таблица 31

Потребление минеральных вод на душу населения и относительное значение вод местного розлива

Республика и экономический район	Потребление на душу населения, бутылок в год	Относительное значение вод местного розлива, % от общего объема потребления	Республика и экономический район	Потребление на душу населения, бутылок в год	Относительное значение вод местного розлива, % от общего объема потребления
Украинская ССР	6,9	89	Эстонская ССР	2,0	0
Белорусская ССР	0,8	4,2	РСФСР	2,3	71
Узбекская ССР	2,9	72	Северо-Западный	2,1	6,8
Казахская ССР	2,1	37	Волго-Вятский	0,6	0
Грузинская ССР	11,5	96	Центральный	1,9	10
Азербайджанская ССР	7,2	89	Центрально-Черноземный	0,9	32
Литовская ССР	2,5	70	Северо-Кавказский	6,5	81
Молдавская ССР	5,3	66	Поволжье	1,3	28
Латвийская ССР	2,6	11,8	Уральский	1,1	8,6
Киргизская ССР	2,4	26	Западно-Сибирский	0,7	0
Таджикская ССР	2,1	1,8	Восточно-Сибирский	1,1	64
Армянская ССР	8,2	93	Дальневосточный	2,4	79
Туркменская ССР	4,6	6,5			

В настоящее время потребление вод местного розлива заметно возрастает благодаря увеличению мощности местных предприятий по розливу минеральных вод и организации розлива там, где раньше использовались только привозные воды, например в Эстонской ССР, Волжско-Вятском и особенно Западно-Сибирском экономических районах.

Потребление минеральных вод бутылочного розлива в СССР в среднем составляет на душу населения 5,0 бутылок в год. Значительно больше этой величины потребление минеральных вод в Грузии, Азербайджане, на Украине, в Армении и в Северо-Кавказском районе, т. е. там, где больше объем розлива минеральных вод. Потребление в этих местах вод местного розлива составляет 80—90% от общего потребления. Близкое к средней величине потребление в Молдавии и Туркмении. В остальных республиках и экономических районах РСФСР потребление минеральных вод значительно ниже среднего по стране. При этом в большинстве из них основное значение имеют привозные воды.

Приведенные в табл. 31 сведения показывают, что распределение заводов розлива на территории СССР и их современная производительность не соответствуют потребности населения в минеральных водах бутылочного розлива как в целом по СССР, так и по отдельным его территориям. Для устранения этого несоответствия в настоящее время выполняются многочисленные мероприятия, направленные на значительное увеличение розлива минеральных вод. При этом особое внимание уделяется созданию разветвленной сети заводов розлива как на территориях европейской, так и азиатской частей СССР.

Эксплуатационные ресурсы минеральных вод

Специального подсчета эксплуатационных ресурсов минеральных вод Советского Союза не производилось. Однако достаточно четкое представление о них может быть получено на основании данных о распространении минеральных вод на территории СССР, об условиях их нахождения (залегания) и эксплуатационных ресурсах отдельных месторождений.

Минеральные воды очень широко распространены на территории СССР (рис. 3), благодаря чему страна в целом богата этим полезным ископаемым. Такое представление основывается на разносторонних материалах большого комплекса гидрогеологических исследований: государственных гидрогеологических съемок, региональных описаний подземных вод, специальных исследований минеральных вод региональных и отдельных месторождений, а также на гидрогеологической информации, получаемой при производстве геологоразведочных работ на другие полезные ископаемые, в особенности на нефть и газ. Выявленные этими исследованиями основные закономерности распространения минеральных вод на территории СССР в той или иной мере отражены в многочисленных обобщающих работах, к числу которых относятся работы Н. И. Толстихина (1938), А. М. Овчинникова (1934, 1963), И. К. Зайцева и Н. И. Толстихина (1972) и многие другие, посвященные минеральным водам отдельных крупных территорий. Много сведений о распространении минеральных вод содержится в томах монографии «Гидрогеология СССР».

Следует отметить неравномерную степень изученности СССР в отношении распространения минеральных вод. Относительно хорошо изучены европейская часть СССР (кроме ее Крайнего Севера), Кавказ, Урал, Забайкалье, частично Западная Сибирь, Казахстан, Средняя Азия. Изученность этих территорий позволяет судить о перспективах выявления минеральных вод того или иного состава в конкретных райо-

ных или даже в отдельных пунктах. О минеральных водах других территорий имеются лишь самые общие представления, основанные на ограниченном фактическом материале. Наконец, об относительном распространении минеральных вод на таких значительных по площади территориях, как северная часть Сибирской платформы, Верхояно-Колымская складчатая область, о-ва Новая Земля и другие арктические острова, можно лишь предполагать, основываясь на аналогии с другими областями, сходными в геоструктурном и гидрогеологическом отношении.

Весьма неравномерно и распространение минеральных вод в пределах Советского Союза. Четко разграничиваются территории широкого площадного распространения и области исключительно локального распространения минеральных вод, где они образуют лишь изолированные очаговые и линейно-очаговые месторождения.

Наибольшие по площади кристаллические массивы второго типа приурочены к крупным положительным геоструктурным формам, характеризующимся выходом на поверхность или близким к ней залеганием преимущественно магматических и метаморфических пород складчатого основания древних и эпипалеозойских платформ и массивов в ядрах антиклинориев в пределах складчатых областей.

В пределах этих территорий (Уральская, Центрально-Казахская, Тянь-Шаньская и другие гидрогеологические складчатые области на юге и востоке азиатской части СССР; Балтийский, Украинский, Алданский бассейны трещинных вод) месторождения минеральных вод формируются под влиянием различных факторов: процессов гипергенеза на участках обогащения пород сульфидными минералами; перехода железа в раствор в слабовосстановительной среде; насыщения воды радоном в зоне выветривания пород, обогащенных радиоактивными минералами, и др. В результате этих процессов формируются слабоминерализованные железистые и радоновые воды, иногда сульфатные кислые воды рудничного типа. Большое значение в формировании локальных месторождений минеральных вод имеют геоструктурные и орографические проявления новейших тектонических движений. В пределах новейшей геоструктурной области интенсивного горообразования, где широко развиты крупные молодые или «омоложенные» тектонические разрывы и где горообразование во многих случаях сопровождалось молодой магматической деятельностью, нередко формируются многочисленные локальные проявления (чаще всего очаги разгрузки) двух весьма ценных групп минеральных вод: кремнистых щелочных, в большинстве случаев слабоминерализованных терм и разнообразных углекислых вод.

В связи с тем, что условия, способствующие развитию процессов формирования локальных проявлений минеральных вод, не представляют исключительного явления, территории, в пределах которых регионально распространены только пресные воды, должны рассматриваться не как лишенные минеральных вод, а как территории их локального развития.

Широкое площадное распространение минеральных вод в выдержанных водоносных горизонтах и комплексах характерно для большей части территории СССР (большинство артезианских бассейнов платформ, крупных межгорных впадин и предгорных прогибов, а также многие пластовые и трещинные водонапорные системы горно-складчатых областей, бассейны трещинных вод некоторых кристаллических массивов).

При этом для артезианских бассейнов платформенного типа характерно распространение однотипных минеральных вод, приуроченных

к выдержанным водоносным горизонтам и комплексам. Смена одних минеральных вод другими в вертикальном разрезе отвечает обычно хорошо выраженной в бассейнах вертикальной гидрохимической зональности — увеличению минерализации вод с глубиной. В одних крупных бассейнах (или частях их) вся регионально-водоносная часть геологического разреза (за исключением относительно маломощной зоны пресных вод) представлена зоной солоноватых и соленых минеральных вод, в других — ниже зоны таких вод залегают рассольные минеральные воды. На платформах они распространены в пределах синеклиз, впадин и прогибов, например Московской, Глазовской и Прикаспийской синеклиз, Днепровско-Донецкой впадины, Пачелмского прогиба.

Сплошное распространение на глубине рассольных минеральных вод полностью охватывает внешнюю зону Предуральского прогиба, характерно для большей части Скифской плиты и относительно небольшой части Западно-Сибирской плиты. Рассольные минеральные воды распространены на огромных площадях юго-западной части Туранской плиты и почти всей Восточно-Сибирской плиты.

В горно-складчатых областях распространение рассолов приурочено к крупных межгорным впадинам и предгорным прогибам: Закарпатской впадине и Предкарпатскому прогибу, Азово-Кубанскому и Терско-Каспийскому прогибам, Куринской, Араксинской и Западно-Туркменской впадинам, внешней зоне Предкопетдагского прогиба, Ферганской, Нарынской, Текесской и Иссык-Кульской (восточная часть) впадинам. В пределах Саяно-Алтайской складчатой области рассольные минеральные воды известны в Минусинской впадине, в Центрально-Казахстанской складчатой стране — в Тенизской и Джезказганской впадинах.

Солоноватые и соленые минеральные воды распространены более широко. Они повсеместно развиты не только на площадях распространения рассолов, но и на других больших пространствах. Это значительные площади на Русской плите, почти вся Западно-Сибирская плита, территории ряда горно-складчатых сооружений (Карпаты, Крым, Кавказ, Копет-Даг), ряда межгорных впадин Тянь-Шаня, Алтае-Саянской горной системы, Забайкалья и Верхояно-Чукотской складчатой области, Камчатки.

Солоноватые и соленые воды отличаются большим разнообразием химического состава и представлены многими разновидностями (типами) минеральных вод. Среди них преобладают хлоридные, хлоридно-сульфатные и сульфатные, нередко сероводородные разности, в меньшей мере хлоридно-гидрокарбонатные (гидрокарбонатно-хлоридные), также часто сероводородные.

Распределение этих разновидностей минеральных вод обусловлено глубиной залегания и литологическим составом вмещающих пород. Например, на территориях широкого развития гипсоносных пород (пермских, каменноугольных и девонских на Русской плите, неогеновых — в Предкарпатье, нижнепалеозойских — на юге Восточно-Сибирской платформы и др.) преобладающее распространение имеют сульфатные и хлоридно-сульфатные минеральные воды. При этом первые разности преимущественно на площадях, где гипсоносные породы залегают неглубоко, в условиях более или менее свободной связи с земной поверхностью. Отмечается приуроченность хлоридно-гидрокарбонатных натриевых (соляно-щелочных), нередко сероводородных вод к перифериям артезианских нефтегазоносных бассейнов, сложенных комплексами песчано-глинистых битуминозных пород.

Оценивая распространение минеральных вод, нельзя забывать, что локальные проявления некоторых их разновидностей встречаются и

в зоне пресных вод, охватывающей самые верхние части геологического разреза большого числа артезианских бассейнов, которые могут содержать или не содержать на глубине воды повышенной минерализации.

На ряде территорий, среди полей сплошного распространения минеральных вод того или иного состава и минерализации отмечается развитие химических разновидностей вод, несвойственных этим полям. Наиболее широко распространены разновидности, представленные углекислыми водами и термальными источниками. Обе разновидности, как отмечено выше, сосредоточены за редкими исключениями в пределах территорий, охваченных новейшим интенсивным горообразованием (пояс горно-складчатых сооружений юга, востока и крайнего северо-востока СССР). Отдельные звенья этого пояса представляют собой как бы самостоятельные области распространения указанных вод.

Областями распространения углекислых вод являются Карпаты, Большой и Малый Кавказ, Памир, Тянь-Шань, Восточные Саяны, Восточное Забайкалье, Сихотэ-Алинь, Сахалин, Курильские острова, Камчатка, Чукотский полуостров.

Области распространения естественных термальных источников либо совпадают с областями распространения углекислых вод (Кавказ, Памир, Тянь-Шань, Восточные Саяны, Сахалин, Курильские острова, Камчатка, Чукотский полуостров), либо представляют отдельные территории (Копет-Даг, Прибайкалье, Западное Забайкалье, Буреинский хребет и Малый Хинган).

В табл. 32 перечислены основные группы минеральных вод, развитые на отдельных крупных территориях, соответствующих элементам общего гидрогеологического районирования СССР. Характер распределения минеральных вод на этих территориях схематически отображен также на рис. 3 (см. вкладку).

Данные о распространении минеральных вод на территории СССР позволяют достаточно обоснованно оценить общие их ресурсы как несоизмеримо большие по сравнению с потребностью, определяемой современными и планируемыми на ближайшее будущее масштабами лечебного использования и розлива минеральных вод.

Эксплуатационные ресурсы отдельных месторождений в большинстве случаев полностью удовлетворяют и даже превосходят современную потребность в минеральной воде лечебных учреждений и заводов розлива, эксплуатирующих эти месторождения. Так, эксплуатационный расход минеральных вод на важнейших курортах СССР по отношению к эксплуатационным запасам этих вод, утвержденным ГКЗ или выявленным длительными наблюдениями за режимом, редко приближается к 100%, чаще он составляет 40—60%.

Однако текущие и перспективные потребности некоторых отдельных курортов не обеспечиваются выявленными эксплуатационными ресурсами минеральных вод. В одних случаях такое положение создается в результате того, что количество извлекаемой минеральной воды достигло в связи с развитием курорта уровня, определяемого эксплуатационными возможностями месторождения, в других — эксплуатационных ресурсов может не хватить вследствие недостаточной разведанности месторождения. Интенсивность современной эксплуатации месторождений полностью исчерпывает их эксплуатационные возможности, например в Кисловодске и Ессентуках. Проблему обеспечения этих курортов ресурсами минеральной воды приходится решать соответственно за счет Кумского и Нагутского месторождений, находящихся в 40 км от названных курортов. Аналогичное положение возникло на месторождении минеральной воды «Нафтуся» в Трускавце.

Таблица 32

Основные группы минеральных вод гидрогеологических областей СССР

Гидрогеологические области и районы	Распространение основных групп минеральных вод	
	в виде выдержанных горизонтов на значительных площадях	в виде локальных месторождений
Восточно-Европейская (Русская) платформенная область		
Артезианские бассейны	Неспецифические: сульфатные, хлоридно-сульфатные, хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатные Рассольные Специфические: сероводородные, иодистые, бромистые	Специфические: сероводородные, иодистые, железистые
Бассейны трещинных вод		
Украинский	Неспецифические: сульфатные, хлоридно-сульфатные	Специфические: радоновые с низкой и средней концентрацией радона, железистые, углекислые (единичные пункты)
Балтийский	—	Специфические: радоновые, железистые
Западно-Сибирская платформенная область	Неспецифические: хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатные Специфические: иодистые, иодисто-бромистые, слабоминерализованные термы (восточная и юго-восточная части области)	—
Туранская платформенная область	Неспецифические: хлоридные, хлоридно-сульфатные Рассольные Специфические: слабоминерализованные термы, бромистые, иодисто-бромистые, сероводородные	Специфические: сероводородные
Восточно-Сибирская платформенная область		
Артезианские бассейны	Неспецифические: хлоридные, хлоридно-сульфатные, хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатные Рассольные, в том числе высококонцентрированные, содержащие большие количества сероводорода, иода, брома Специфические: сероводородные	—
Алданский бассейн трещинных вод	—	Радоновые, вероятно, железистые

Продолжение табл. 32

Гидрогеологические области и районы	Распространение основных групп минеральных вод	
	в виде выдержанных горизонтов на значительных площадях	в виде локальных месторождений
Карпатская и Крымско-Кавказская складчатая область		
Карпатский гидрогеологический район	Неспецифические: хлоридно-сульфатные, хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатные Рассольные Специфические: сероводородные	Специфические: углекислые, различного ионного состава, мышьяковистые, сероводородные, типа „Нафтуся"
Крымские гидрогеологические районы	Неспецифические: хлоридные, хлоридно-сульфатные, сульфатные, хлоридно-гидрокарбонатные Рассольные Специфические: сероводородные, иодисто-бромистые	Специфические: углекислые (единичные пункты), сероводородные
Гидрогеозогические районы: Большой и Малый Кавказ, Азово-Кубанский, Восточно-Предкавказский, Восточно-Черноморский, Курпинский	Неспецифические: сульфатные, хлоридно-сульфатные, хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридные Рассольные Специфические: сероводородные, слабоминерализованные термы	Специфические: углекислые, различного ионного состава, сероводородно-углекислые, мышьяковистые, железистые, радоновые, слабоминерализованные термы, сероводородные
Копет-Дагско-Большебалханская складчатая область	Неспецифические: сульфатные, хлоридно-сульфатные, хлоридные Рассольные Специфические: иодистые, иодисто-бромистые	Специфические: сероводородные
Тимано-Уральская складчатая область		
Внутренняя часть Предуральского гидрогеологического района	Неспецифические: хлоридные, хлоридно-сульфатные, сульфатные Рассольные Специфические: сероводородные	—
Восточный склон Урала	Неспецифические: хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатные Специфические: иодистые, иодисто-бромистые	—
Центрально-Уральский гидрогеологический район	—	Специфические: радоновые, железистые, кислые типа рудничных вод
Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирская складчатая область	—	—

Продолжение табл. 32

Гидрогеологические области и районы	Распространение основных групп минеральных вод	
	в виде выдержанных горизонтов на значительных площадях	в виде локальных месторождений
Памирский гидрогеологический район	Неспецифические: сульфатные, хлоридно-сульфатные, хлоридные Рассольные Специфические: сероводородные	Специфические: углекислые, сероводородно-углекислые, слабоминерализованные термы
Тянь-Шаньский и Джунгарский гидрогеологические районы	Неспецифические: хлоридные, хлоридно-сульфатные Рассольные Специфические: сероводородные, иодисто-бромистые, слабоминерализованные термы	Специфические: слабоминерализованные термы, углекислые термы, углекислые, различного ионного состава, радоновые
Саяно-Алтайско-Енисейская складчатая область	Неспецифические: гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридные, хлоридные	Специфические: слабоминерализованные термы, радоновые, углекислые
Саяно-Алтайский гидрогеологический район	Неспецифические: хлоридно-сульфатные, хлоридные	—
	Рассольные	Радоновые, вероятно, железистые
Енисейский гидрогеологический район	—	
Центрально-Казахстанская складчатая область	Неспецифические: хлоридные, сульфатные, хлоридные, сульфатные Рассольные	Специфические: радоновые, кислые рудничного типа
Восточно-Сибирская складчатая область		
Забайкальский гидрогеологический район	Неспецифические: хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатные	Специфические: углекислые, слабоминерализованные термы, радоновые, железистые
Зее-Буреинская складчатая область	—	Специфические: слабоминерализованные термы
Сихотэ-Алинская складчатая область	—	Специфические: углекислые, слабоминерализованные термы
Сахалинская складчатая область	Неспецифические: хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридные	Специфические: слабоминерализованные термы, углекислые, мышьяковистые (единичные выходы), сероводородные (единичные пункты)
Корякско-Камчатско-Курильская складчатая область		
Курильский гидрогеологический район	—	Специфические: кислые фумарольного типа сероводородно-углекислые термы, слабоминерализованные термы, углекислые

Продолжение табл. 32

Гидрогеологические области и районы	Распространение основных групп минеральных вод	
	в виде выдержанных горизонтов на значительных площадях	в виде локальных месторождений
Камчатский гидрогеологический район	Неспецифические: хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридные, слабоминерализованные термы	Специфические: углекислые, слабоминерализованные термы, кислые фумарольного типа, мышьяковистые, железистые, слабосероводородные
Корякско-Пенжинский район (в межгорных впадинах)	Неспецифические: хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридные	—
Верхоянско-Чукотская складчатая область	Неспецифические: хлоридные и хлоридно-сульфатные	Специфические: термы слабоминерализованные, средней и высокой минерализации, хлоридные (в вулканогенном окраинном поясе; углекислые (Верхоянский хребет, Чукотский полуостров), радоновые

При оценке обеспеченности ресурсами минеральных вод необходимо подходить дифференцированно к различным их типам и к разным районам распространения минеральных вод.

Известно относительно немного территорий, которые характеризуются значительными ресурсами большого комплекса разнообразных минеральных вод. Чаще районы более или менее хорошо обеспечены ограниченным числом разновидностей минеральных вод, нередко одним каким-либо основным типом.

Правильная оценка обеспеченности минеральными водами территорий может быть дана при достаточно высокой степени их гидрогеологической изученности. Так, еще сравнительно недавно многие крупные районы Средней Азии оценивались как территории, небогатые ресурсами разнообразных типов минеральных вод. Теперь эти районы могут считаться одними из богатейших минеральными водами в пределах страны.

Определению эксплуатационных запасов минеральных вод отдельных месторождений как важному условию разработки рациональной системы их эксплуатации уделяется большое внимание.

В настоящее время эксплуатационные запасы подсчитаны и утверждены ГКЗ более чем по 130 месторождениям минеральных вод СССР. При этом ежегодно в ГКЗ подсчитываются и утверждаются эксплуатационные запасы минеральных вод в среднем (за последние годы) по 10—12 месторождениям (преимущественно эксплуатируемым).

Величина утверждаемых запасов по промышленным категориям (А, В и C_1) колеблется по отдельным месторождениям в широких пределах — от единиц до тысяч кубических метров в сутки. Преобладают месторождения, запасы которых исчисляются сотнями кубических метров в сутки. Ниже приведены величины запасов некоторых крупных месторождений минеральных вод (тыс. $м^3$/сут).

Кисловодское и Березовское месторождения ($A+B+C_1$)	1,9
Кумское и Подкумское ($A+B+C_1$)	2,4
Пятигорское ($A+B+C_1$)	2,5

Ессентукское и скв. КМВ—опорная (А+В)	
Мацестинские и Хостинское (А+В)	0,8
Боржомское (А+В)	5,3
Кемери (А+В+C_1)	1,1
Кашинское (А)	3,3
Кульдурское (А)	1,0
Белокурихинское (А+В)	1,9
Ходжа-Обн-Гармское (А+В)	1,2
Анкаванское (А+В)	0,9
Обн-Гармское (А+В)	3,8
Джалал-Абадское (В)	5,36
Горячинское (А)	1,8
Тамнское (А+В)	1,2
Арзнинское (А)	9,6
Нагутское (А+C_1)	1,6
	2,8

Показательно соотношение общих по СССР утвержденных ГКЗ эксплуатационных запасов минеральных вод по категориям А+В+C_1, равных 195 тыс. м³/сут, и ориентировочной потребности в них на 1980 г., составляющей около 70—80 тыс. м³/сут.

Приведенные выше краткие сведения о распростаненнн на территории СССР минеральных вод, о их ресурсах и современном объеме потребления убедительно свидетельствуют о наличии в Советском Союзе весьма благоприятных условий для дальнейшего развития в больших масштабах использования этих вод. Важнейшей предпосылкой является чрезвычайно широкое распространение минеральных вод. Поэтому на бо́льшей части территории страны (почти вся европейская часть СССР, Западная Сибирь, Южный Казахстан, Средняя Азия и Восточная Сибирь) внекурортное бальнеолечение может быть организовано почти в любом месте, что в свою очередь определяет возможность его планомерного развития. Практическая реализация такой возможности обусловливает необходимость своевременного обеспечения намечаемых объектов внекурортного бальнеолечения устойчивыми эксплуатационными ресурсами минеральных вод.

Такой же принцип выбора объектов для последующего освоения ресурсов минеральных вод, успешно применяемый при планировании курортного строительства, должен быть положен в основу разработки мероприятий по созданию в СССР густой сети заводов розлива минеральных вод местного значения.

Одна из важных задач геологоразведочных работ, требующая срочного решения, — подготовка к эксплуатации уже известных месторождений минеральных вод, являющихся дефицитными в стране или в том или ином крупном географо-экономическом районе и перспективными с точки зрения практического использования, например углекислых вод в Средней Азии, вод типа Боржоми и Ессентуки в Забайкалье и др.

Естественно, что следует продолжать и те работы, что направлены на поиски новых месторождений минеральных вод, главным образом некоторых особо ценных их типов.

Крупные задачи, стоящие перед поисками и разведкой месторождений минеральных вод, обусловливают необходимость постоянного повышения эффективности этих работ, что в свою очередь определяет основные направления научных исследований в области гидрогеологии минеральных вод: изучение условий формирования месторождений минеральных вод и закономерностей распространения различных типов минеральных вод на территории союзных республик и крупных экономических районов СССР, исследования условий и процессов формирования ионно-солевого и газового состава наиболее ценных типов минеральных вод.

РЕСУРСЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

Термальные воды как комплексное полезное ископаемое могут быть использованы: 1) для теплоснабжения (отопление и горячее водоснабжение), а в отдельных случаях и получения электроэнергии; 2) в лечебных целях; 3) как источник получения ценных химических продуктов; 4) для различных технологических нужд (сушка, мойка и т. п.). Не во всех районах распространения термальные воды могут быть использованы по всем перечисленным направлениям. Чаще всего они применяются в лечебных целях и в этих случаях должны рассматриваться как минеральные. Выше было отмечено, что потребности в минеральных водах чаще всего сравнительно невелики.

В тех случаях, когда термальные воды используются в качестве химического сырья, они рассматриваются как промышленные воды. В настоящем разделе рассмотрим в основном возможность использования термальных вод по первому из выделенных направлений.

Общие сведения, распространение термальных вод

К термальным водам относятся подземные воды, имеющие температуру от 20° С и выше.

Эта температурная граница может служить разделом между менее подвижными (вязкими) холодными водами и более подвижными (менее вязкими) термальными водами.

Для практических целей можно принять классификацию подземных вод по температурному признаку, приведенную в табл. 33.

Таблица 33

Классификация подземных вод по температурному признаку

Фазы	Группы вод	Название вод	Температурные границы, °С
Жидкая и твердая	Переохлажденные	Переохлажденные	Менее 0
	Холодные	Очень холодные	0—4
		Холодные	4—20
Жидкая	Термальные	Слаботермальные	20—50
		Термальные	50—75
		Высокотермальные	75—100
	Перегретые	Слабоперегретые	100—150
		Значительно перегретые	150—250
		Весьма перегретые	Более 250

В дальнейшем изложении мы будем пользоваться приведенной в табл. 33 классификацией. Следует отметить, что термальные воды (т. е. воды с температурой от 20 до 100° С) в пласте и при выходе на поверхность земли находятся в жидкой фазе, тогда как перегретые воды (т. е. воды, нагретые до температуры выше 100° С) в термодинамических условиях пласта находятся, как правило, в жидкой фазе, а при выведении их на поверхность дают пароводяные смеси и пары. Изотермическая поверхность в 20° С в зависимости от геотермических условий верхних частей земной коры залегает на различных глубинах — от 200—300 м на юге Советского Союза (например, в пределах Скифской плиты) до 1200—1500 м в области развития многолетнемерзлых пород (например, на севере Сибирской платформы).

Охарактеризуем основные закономерности распространения термальных вод в пределах СССР. В результате проведенных в последние годы организациями Министерства геологии СССР и Академии наук СССР гидрогеотермических исследований установлено, что термальные воды распространены в геолого-структурных областях двух типов — платформенных и складчатых.

В пределах платформенных областей развиты пластово-поровые и пластово-трещинные термальные воды, в складчатых областях — трещинно-жильные воды (только в межгорных впадинах термальные воды приобретают пластово-трещинный или пластово-поровый характер).

Краткая характеристика закономерностей распространения термальных вод дается в укрупненном плане, применительно в основном к схеме гидрогеологического районирования, приведенной в гл. I настоящей работы. Исключение составляют районы Скифской платформенной области (Западно-Крымский, Азово-Кубанский и Восточно-Предкавказский), которые по принятому районированию отнесены к Крымско-Кавказской складчатой области, но при характеристике термальных вод рассматриваются как отдельная платформенная область. Кроме того, при описании Восточно-Европейской платформенной области рассматривается ряд примыкающих к ней артезианских бассейнов, относящихся к Тимано-Уральской гидрогеологической складчатой области.

Наибольшую площадь термальные воды занимают в пределах Западно-Сибирской платформенной артезианской области, где они развиты в трех основных водоносных комплексах мезозоя: апт-сеноманском, неокомском и юрском; практический интерес представляют первые два. В апт-сеноманском комплексе, распространенном почти на всей площади бассейна и залегающем на глубине от 200 до 1300 м (при мощности, изменяющейся от 100 до 800 м, реже более), заключены термальные воды, имеющие температуру в пластовых условиях от 20 до 60° С. При вскрытии скважинами эти воды дают самоизлив с температурой на устье 35—45° С, редко более; напоры вод на большей площади бассейна превышают поверхность земли на 20—40 м. Минерализация и состав вод изменяются в направлении с юга на север (от областей питания к областям стока): от азотных в основном гидрокарбонатных натриевых с минерализацией до 1 г/л на юге (Колпашево, Купино, Ипатово и др.) до метановых хлоридных натриевых с минерализацией до 10—15 г/л на севере (Тара, Викулово, Сургут и др.). Расходы скважин при самоизливе достигают 5—15 л/с, редко более.

По данным испытания нефтеразведочных скважин, скважин на пресные, термальные, минеральные и иодные воды, водопроводимость водоносных пород комплекса изменяется от 20 до 200 м²/сут, причем наибольшая ее величина отмечается в полосе, протягивающейся от Купино через Тару на Сургут, т. е. в центральной части бассейна, где комплекс имеет наибольшую мощность.

Неокомский водоносный комплекс развит почти на той же площади, что и апт-сеноманский; он залегает на глубинах от 300 до 1800 м, реже более, имеет мощность от 200 до 1000 м. Комплекс заключает термальные воды, имеющие в пластовых условиях температуру от 20 до 95° С. При вскрытии скважинами воды самоизливаются, избыточные напоры превышают поверхность земли на 20—60 м. В ряде скважин при длительном самоизливе температура воды достигает 65—70°, редко более (Колпашево, Омск, Тобольск и др.).

В неокомском водоносном комплексе, как и в апт-сеноманском минерализация термальной воды увеличивается с юга на север в направ-

лении общего потока подземных вод глубоких горизонтов бассейна: от 1—3 г/л на юге и востоке (Ипатово, Колпашево и др.) до 15—25 г/л на севере (Омск, Тобольск, Тара, Сургут и др.). Состав вод также изменяется от азотного гидрокарбонатного натриевого до метанового хлоридного натриевого. К этому комплексу в центральных частях бассейна приурочены нефтегазоносные залежи и йодные воды. Коллекторские свойства пород неокома непостоянны вследствие изменчивости литологического состава и мощности водовмещающих пород. Дебиты скважин при самоизливе изменяются от 5 до 10 л/с, редко более. Водопроводимость пород, по данным испытания скважин, пройденных при разведке нефтяных месторождений, термальных, минеральных и йодных вод, колеблется от 20 до 60 м²/сут, в отдельных случаях повышаясь до 80—100 м²/сут. Почти во всей центральной части бассейна водоносный комплекс имеет водопроводимость 40—60 м²/сут, лишь в Ханты-Мансийском районе вследствие преобладания среди пород комплекса глинистых разностей этот показатель снижается до 10—20 м²/сут и более.

Юрский водоносный комплекс, залегающий на складчатом фундаменте, имеет изменчивую мощность — от 100 до 1000 м и более. Наибольшая глубина залегания отмечается в центральных частях бассейна где она часто превышает 2500 м. Температура вод в пластовых условиях достигает 100—150° С в более погруженных северных частях бассейна, но при вскрытии их скважинами редко составляет на устье 65—70° С (Омск).

Почти на всей площади развития юрский комплекс заключает метановые хлоридные натриевые термальные воды, минерализация которых изменяется от 5—10 г/л на периферии до 50 г/л, редко более в центре. Вскрываемые скважинами термальные воды комплекса самоизливаются с небольшими расходами, обычно менее 5 л/с. На ряде участков не удается вызвать самоизлив вследствие плохих коллекторских свойств пород комплекса, обусловливающих слабый водоприток к скважинам.

На территории Скифской платформенной области развиты разновозрастные водоносные комплексы с термальной водой. В ее западной причерноморской части термальные воды приурочены к песчано-глинистым отложениям палеогена, карбонатным и терригенным породам мела и юры, причем юрский водоносный комплекс распространен лишь на юге Молдавии (Преддобруджинский прогиб). Залегают термальные воды на глубине от 300—500 до 3000 м (в Преддобруджинском прогибе несколько глубже). В палеогеновом и верхнемеловом комплексах содержатся солоноватые и соленые термальные воды. Напоры вод не всегда достигают поверхности земли. Водообильность пород незначительная и скважины самоизливают с расходами от 1—3 л/с до долей литра в секунду. В нижнемеловом и юрском водоносных комплексах содержатся в основном рассольные хлоридные натриевые термальные воды. Напоры вод местами не достигают поверхности земли, а дебиты скважин редко превышают 1 л/с. Вследствие плохих фильтрационных свойств коллекторов, сказывающихся на дебитах скважин, температура вод, поднятых на поверхность, редко превышает 30—40° С, хотя в условиях пласта температура достигает 70—90° С.

В равнинном Крыму термальные воды содержатся в водоносных комплексах миоцена, палеогена, верхнего и нижнего мела и юры, развитой только в предгорной части. Миоценовый комплекс содержит слаботермальные солоноватые воды; при опробовании дебиты скважин обычно небольшие. В карбонатных и терригенных отложениях палеогена заключены в основном соленые хлоридные натриевые воды. В центральных частях Крыма из скважин обычно самоизливается слаботермальная вода с дебитами до 1 л/с; на Тарханкуте в зоне дислокаций дебит сква-

жин местами повышается до 15 л/с, а температура воды достигает 60° С и более (Глебовская площадь).

Верхне- и нижнемеловые водоносные комплексы, сложенные карбонатными и терригенными отложениями мощностью до 800—1000 м, распространены на всей площади равнинного Крыма, прослеживаясь и севернее его. В этих отложениях заключены термальные воды от солоноватых на юге (Саки, Евпатория) до рассольных на севере (Геническ). При вскрытии скважинами эти воды самоизливаются, дебиты скважины при самоизливе колеблются от 1 до 10 л/с, местами увеличиваясь до 20 л/с, а температура на устье изменяется от 30—40° С (Саки, Евпатория) до 60—70° С (Тарханкут, Геническ). Водопроводимость меловых пород, определенная по данным опробования скважин водозабора Саки — Евпатория и нефтеразведочных скважин, достигает в верхнемеловом комплексе 30 м²/сут, в нижнемеловом 40 м²/сут.

В юрском водоносном комплексе вскрываются слаботермальные (до 40° С) солоноватые воды, при самоизливе которых дебит скважин изменяется от 2 до 10 л/с, реже более.

В пределах восточных районов Скифской артезианской области распространены в основном те же водоносные комплексы с термальной водой, что и в ее западных районах.

Неогеновые водоносные комплексы с термальной водой (в основном акчагыл-апшеронский, чокрак-караганский) развиты в пределах Азово-Кубанского и Восточно-Предкавказского артезианских бассейнов. Сложены они песчано-глинистыми и в меньшей степени карбонатными породами, имеют значительную мощность (до 500—1000 м каждый) и содержат термальные воды от пресных до соленых, в наиболее погруженных частях (3500—4000 м) до слаборассольных (Караман). Напоры вод превышают поверхность земли на 20—100 м, реже более. Скважины самоизливают с дебитами от 5 до 20 л/с, а температура воды на устье достигает 50—70° С (Махачкала), местами увеличивается до 90—100° С (Кизляр, Ханкала). Особенно водообильны чокрак-караганские водоносные горизонты в пределах Дагестана и Чечено-Ингушетии. Здесь водопроводимость чокракских и караганских отложений достигает 150—200 м²/сут и более (Махачкала, Избербаш, район Грозного и др.).

Палеогеновые водоносные комплексы (хадум-майкопский и палеоцен-эоценовый) развиты повсеместно и содержат термальные воды от солоноватых (на юге) до слаборассольных (центральные районы Предкавказья), преимущественно метановые хлоридные натриевые. При вскрытии скважинами воды самоизливаются с расходами от 5 до 15 л/с, температурой на изливе до 90° С (Георгиевск, Черный рынок и др.).

Верхнемеловой и нижнемеловой водоносные комплексы, вскрываемые на глубине 1000—2000 м и более, на большей площади развития содержат соленые и рассольные метановые хлоридные натриевые термальные воды; скважины при самоизливе вод имеют расходы в пределах 5—15 л/с, причем дебиты уменьшаются в направлении с юга на север. На юге, в полосе, протягивающейся вдоль предгорий, распространены термальные воды от пресных до солоноватых и соленых. Температура воды на устье колеблется от 50—80° С в южных районах при глубине горизонта 1000—2500 м (Черкесск, Нальчик) до 100° С и несколько более в центральных районах при глубине 2500—3000 м (Прикумск, станица Прасковейская). Водопроводимость коллекторов мелових комплексов редко превышает 100 м²/сут, обычно значительно меньше (20—60 м²/сут).

В терригенно-карбонатных соленосных отложениях юры заключены рассольные (до 160 г/л и более) метановые хлоридные натриевые тер-

мальные воды, имеющие на юге избыточные напоры до 100—150 м и более; в северном Прикаспии напоры снижаются до уровня земли. Расходы скважин при самоизливе в том же направлении уменьшаются от 15 до 1 л/с, температура воды при самоизливе обычно не превышает 40—60° С.

Следует отметить, что в Предкавказском районе отложения от неогена до юры являются нефтегазоносными.

В Туранской платформенной артезианской области термальные воды приурочены в основном к мезозойским карбонатным и терригенным отложениям, в верхней юре — соленосным породам.

В Сырдарьинском артезианском бассейне, в северной части Чуйского бассейна, в бассейнах Кызылкумской зоны поднятий и Бухаро-Каршинском гидрогеологическом районе развиты в основном пресные и солоноватые воды, заключенные в альб-сеноманском водоносном комплексе, залегающем на глубине от 500 до 2000 м. Из скважин, вскрывающих эти воды, происходит самоизлив воды с расходами от 2 до 15 л/с, редко более, с температурой воды на устье от 40 до 60° С и несколько выше. Примерно такие же гидрогеотермические условия наблюдаются на п-ове Мангышлак, на участках, примыкающих с севера и юга к горам Каратау.

Во всех перечисленных районах водопроводимость коллекторов мелового водоносного комплекса колеблется от 20 до 100 м²/сут, местами больше, чаще изменяется в пределах 30—60 м²/сут.

На остальной площади Туранской области в меловых отложениях развиты соленые и рассольные термальные воды с небольшими расходами и температурой на изливе, редко превышающей 50—60° С.

В юрском водоносном комплексе заключены термальные воды от рассольных до крепких рассолов (до 350 г/л и более). Высокая минерализация вод вызывает быструю закупорку устьев скважин выпадающими солями из самоизливающихся вод.

Отмечается следующая общая закономерность: в западной части Туранской артезианской области (к западу от Аральского моря) в водоносных комплексах мезозоя содержатся главным образом соленые и рассольные термальные воды, с которыми контактируют газовые и нефтяные залежи; в восточной части области распространены в основном пресные и солоноватые термальные воды, газовые и нефтяные залежи отсутствуют.

В системах артезианских бассейнов Восточно-Европейской и Восточно-Сибирской гидрогеологических платформенных областей термальные воды относятся к рассольным (вплоть до крепких рассолов) и, как правило, при вскрытии не самоизливаются. При откачке дебиты скважин очень низкие (до 1—2 л/с) при значительных понижениях.

На площади Восточно-Европейской платформенной артезианской области термальные воды распространены повсеместно, за исключением ее западной части, где вследствие небольшой мощности осадочного чехла термальные воды не встречены.

На большой площади артезианской области основным водоносным комплексом с термальной водой является девонский, сложенный терригенно-карбонатной соленосной толщей. В нем заключены воды с минерализацией от 100 до 250 г/л и более, температурой на глубине пласта до 60° С. В вышележащих каменноугольных отложениях заключены слаботермальные рассолы. Пермский водоносный комплекс, развитый в пределах Печорской, Каспийской, Днепровско-Донецкой впадин, Предуральского прогиба, содержит рассольные термальные воды.

На севере Печорской системы бассейнов, в Балтийско-Польском и Каспийском артезианских бассейнах развиты термальные соленые и рассольные воды в мезозойских отложениях (от триаса до мела). Во всех перечисленных районах из-за плохих фильтрационных свойств водовмещающих пород дебиты скважин при откачках не превышают 1—2 л/с, обычно они меньше. Вследствие этого полученная рассольная вода почти нигде не имеет температуру более 40° С, хотя местами и поднимает с глубин, превышающих 2500 м. На большей глубине температура воды в ряде районов достигает 75—85° С (Нарьян-Мар, глубина 3500 м; Доброгостов, г. Долина, глубина 2500—3000 м; Новоузенская разведочная площадь, глубина 2700—3000 м и др.).

На площади Восточно-Сибирской платформенной артезианской области основная масса термальных вод приурочена к соленосным кембрийским отложениям. Воды относятся к рассольным (минерализация до 350—450 г/л), как правило, при вскрытии скважинами не самоизливаются, и вследствие плохих фильтрационных свойств пород дебиты скважин при откачках незначительные (доли литра в секунду), при понижениях, достигающих десятки метров. На глубине 2500—3000 м температура в пластовых условиях достигает 50—75° С. В юрских и меловых отложениях восточной части Якутского артезианского бассейна (Вилюйская синеклиза и прилежащий к ней Приверхоянский прогиб) термальные воды, вскрытые скважинами, слабо самоизливаются, при этом дебиты скважин составляют 1—2 л/с. Минерализация вод изменяется от 20 до 90 г/л. На глубине пласта температура достигает 75—85° С (Усть-Вилюйские скважины, глубина 2550—2850).

Перейдем к характеристике термальных вод, распространенных в разновозрастных гидрогеологических складчатых областях. Среди них выделяются интенсивной термальной деятельностью Камчатский и Курильский районы современного вулканизма, относимые к области кайнозойской (камчатской) складчатости.

В Камчатском гидрогеологическом районе наиболее крупные термальные источники и пароводяные струи сосредоточены в пределах Восточно-Камчатского поднятия, где находятся все действующие вулканы Камчатского полуострова. Все термальные источники связаны с крупными зонами разломов, рассекающих толщи вулканогенно-осадочных пород.

Температура воды наиболее крупных источников колеблется от 60 до 100° С, а дебиты их от 10 до 30 л/с (Паратунские, Кireунские, Апапельские, Малкинские, Двухъюрточные и др.). Минерализация воды источников чаще менее 1 г/л, состав от гидрокарбонатно-сульфатного до хлоридного натриевого с содержанием кремнекислоты до 80—100 мг/л. Парогидротермы в естественных выходах имеют температуру 100° С и несколько более (Паужетские, Жировские, Узонские, Семячинские и др.), состав их хлоридный натриевый, минерализация 3—5 г/л. При вскрытии скважинами температура пароводяных смесей увеличивается до 150—200° С (Паужетские, Бол. Банные).

На Курильских островах наибольшее практическое значение имеют парогидротермы, выходы которых связаны с крупными зонами разломов (Горячий Пляж и др.). Эти парогидротермы по температуре, составу и минерализации сходны с камчатскими.

Крупные термальные источники встречены в Корякско-Камчатском поднятии, где они связаны с крупными тектоническими нарушениями (Олюторский, Тымлатский, Паланский, Панкратовский, Руссаковский источники). Температура источников достигает 40—95° С, дебиты 15—50 л/с, редко более. По составу и минерализации они близки к источникам Восточно-Камчатского поднятия.

Межгорные артезианские бассейны (Западно- и Центрально-Камчатский, Анадырский, Пенжинский и др.) в гидрогеотермическом отношении почти не изучены и о термальных водах этих бассейнов судить в настоящее время трудно. По данным редкой сети нефтеразведочных скважин, здесь можно встретить слаботермальные воды.

К кайнозойской складчатости относится складчатая структура Сахалинской гидрогеологической области, где в межгорных артезианских бассейнах, выполненных палеогеновыми и неогеновыми терригенными отложениями, распространены термальные воды, вскрываемые глубокими нефтеразведочными скважинами. Основными водоносными комплексами с термальной водой являются миоценовые и плиоценовый комплексы. Мощность песчаниковых горизонтов в этих комплексах изменяется от десятков метров до 100 м и более.

В наиболее крупном Северо-Сахалинском и связанным с ним Паронайском артезианских бассейнах развиты гидрокарбонатные и хлоридные натриевые термальные воды с минерализацией от 1 до 20 г/л, местами более. В скважинах глубиной 2700—3300 м температура вод в пластовых условиях достигает 100° С и более, а при самоизливе на устье она составляет 50—70° С, при этом дебиты скважин равны 3—5 л/с.

Водопроводимость пород по отдельным комплексам колеблется от 20 до 60 м²/сут, редко больше.

К кайнозойской (альпийской) гидрогеологической складчатой области относятся структуры, протянувшиеся вдоль южных границ страны (от Карпат до Памира): Карпатская и Крымско-Кавказская, Копетдаг-Большебалханская и Памирская гидрогеологические складчатые области.

В Карпатской области термальные воды вскрываются скважинами в Мукачевском и Солотвинском межгорных бассейнах, выполненных миоценовыми терригенными соленосными отложениями. В связи с этим здесь преобладают соленые и рассольные хлоридные натриевые термальные воды, расходы которых при самоизливе редко превышают 1 л/с, а температура 35° (Вышково, Залуж и др.). В мегантиклинории Карпат термальные воды не встречены.

В Горном Крыму термальные воды в практически значимых количествах также отсутствуют. Из Ялтинской скважины с глубины 1300 м, вскрывшей сланцы таврической свиты, произошел самоизлив рассольной хлоридной натриевой воды с температурой до 27° С, дебит скважины составлял 0,2 л/с.

В пределах Большого Кавказа термальные источники выходят вдоль тектонических нарушений и обычно имеют температуру от 20 до 50° С, дебиты их не превышают 1—2 л/с, а минерализация воды чаще всего бывает не более 1 г/л. По составу вода источников гидрокарбонатно-сульфатная натриевая и лишь местами хлоридная натриевая с минерализацией до 5 г/л (Кармадон, Горячий Ключ).

На Малом Кавказе развиты в основном углекислые воды с температурой от 20 до 50° С, лишь источники Джермука и Исти-Су имеют температуру 65—70° С. По составу вода в основном гидрокарбонатная натриевая. Дебиты источников небольшие, но при разбуривании участков их выхода суммарный дебит скважин доходит до 15 л/с (Боржоми, Джермук, Анкаван и др.).

В Аджаро-Триалетской гидрогеологической складчатой зоне и в Талыше имеются азотные и азотно-метановые хлоридные натриевые (Массалинские, Ленкоранские, Астаринские источники) и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные натриевые (Тбилисские источники) термы. Минерализация вод от 1 до 20 г/л. При вскрытии скважинами воды са-

моизливаются с расходами от 5 до 30 л/с и более; температура воды составляет 40—65° С. К Малому Кавказу тяготеют Нахичеванский и Араратский межгорные артезианские бассейны, выполненные миоценовыми соленосными, в основном глинистыми, отложениями с тонкими песчаными слоями. Нефтеразведочные скважины глубиной до 2500—3300 м вскрывают соленые и рассольные термальные воды, расходы которых при самоизливе, как правило, не превышают 1 л/с.

В межгорном Восточно-Причерноморском (Рионском) артезианском бассейне основным водоносным комплексом с термальной водой является неокомский, сложенный карбонатными породами, залегающими на глубине от 1000 до 2500 м и более. Глубокими скважинами (2000—3200 м), пробуренными в северной части Рионского бассейна, выводятся на поверхность земли пресные сульфатно-хлоридные (и гидрокарбонатные) натриевые высокотермальные воды с температурой на изливе от 70 до 100° С и расходами от 10 до 50 л/с (Менджи, Зугдиди), редко до 80 л/с (Охурей). В Мегрельской зоне тектонических нарушений скважины глубиной 800—1000 м вскрывают воды с температурой до 80° С, напорами до 80—150 м выше поверхности земли, дебитами при самоизливе до 40 л/с (Цаиши, Накалакеви).

В юго-западной части этого бассейна минерализация вод из нижнемелового комплекса увеличивается до 3—20 г/л и более, состав изменяется на хлоридный натриевый, дебиты скважин не превышают 15 л/с, температура воды на изливе 80° С (Челадиди, Квалони). В восточной части бассейна нижнемеловой водоносный комплекс залегает на глубине 500—1500 м, и скважинами на дневную поверхность выводятся солоноватые воды с температурой до 45° С, дебитами 3—7 л/с (Квибиси, Квемо-Симонети, Аргвети и др.). Водопроводимость пород нижнемелового водоносного комплекса колеблется от 20 до 300 м²/сут, местами более.

В остальных водоносных комплексах (юрском, верхнемеловом, палеогеновом, неогеновых) заключены минерализованные термальные воды (в соленосном юрском вплоть до рассолов); коллекторские свойства пород значительно хуже, чем у нижнемелового комплекса, поэтому расходы скважин при самоизливе обычно не превышают 3—5 л/с.

В Куринском межгорном артезианском бассейне, также входящем в Кавказский район, термальные воды на доступных глубинах заключены в третичных терригенных отложениях. На большей площади распространения эти отложения содержат соленые и рассольные воды, при вскрытии самоизливающиеся с небольшим расходом. Основным водоносным комплексом с термальной водой на востоке бассейна является плиоценовый (продуктивная толща), с которым связаны все нефтяные и газовые месторождения Азербайджана. Лишь в юго-западной части Куринского бассейна (Кировобадская зона) выявлены пресные и солоноватые термальные воды в апшеронском и акчагыльском водоносных комплексах. В майкопском водоносном комплексе здесь содержатся соленые воды с минерализацией до 20 г/л. Скважины глубиной от 600 до 2500 м выводят самоизливающиеся воды с расходами до 10 л/с, редко более (Барда, Мир-Башир и др.). Температура воды на устье скважин колеблется от 30 до 65° С. Водопроводимость пород изменяется от 20—30 м²/сут (майкопский комплекс) до 40—80 м²/сут (апшеронский комплекс).

В Западно-Туркменском межгорном артезианском бассейне развиты водоносные комплексы с термальной водой в апшеронских, акчагыльских и красноцветных отложениях. Основной водоносный комплекс приурочен к красноцветной песчано-глинистой толще мощностью до 1500—2000 м. К ней приурочены основные нефтя-

ные месторождения района. Термальные воды, вскрываемые на глубине от 100 до 4000 м, рассольные (до 200 г/л и более), при самоизливе имеют температуру до 50—80° С и дебиты до 20 л/с, реже более.

В гидрогеологической складчатой зоне Копет-Дага, прилежащей к Западно-Туркменскому бассейну, термальные воды выходят на поверхность земли в виде источников вдоль разлома, ограничивающего северный фас Копет-Дага (Арчман, Коу и др.). Воды источников пресные и слабосолоноватые, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные натриевые, температура до 35° С; дебиты источников колеблются от 50 до 150 л/с.

Район Памира входит в область альпийской складчатости. Здесь в глубоких ущельях по крупным зонам разлома, секущим дислоцированные древние изверженные и метаморфические породы, выходят термальные источники, чаще всего с пресной водой, нагретой до 60—72° С. Среди этих источников выделяются две группы: азотные, которые встречаются в центральной и юго-восточной частях района, и углекислые, расположенные главным образом в юго-западной его части. Расходы источников от 2 до 15 л/с (Джиландинский, Яшкульский, Иссык-Булакский, Гарм Чашминский, Лянгарский и др.).

Состав воды азотных источников преимущественно сульфатно-гидрокарбонатный натриевый, углекислых — гидрокарбонатный натриевый (и натриево-кальциевый).

В области мезозойской складчатости отмечаются выходы термальных источников. В ряде артезианских бассейнов, приуроченных к межгорным впадинам, скважинами вскрываются термальные воды с незначительными дебитами. Расположена эта область на востоке нашей страны, протягиваясь от Северного Ледовитого океана до Японского моря и отделяясь от гидрогеологической области кайнозойской (камчатской) складчатости мощным Чукотско-Катазиатским вулканогенным поясом, который рассматривается как наложенная структура, возникшая в палеомезозойское время. К этому поясу также приурочены выходы термальных источников, сходных по составу с источниками области мезозойской складчатости. Наиболее мощными из терм этого района являются источники Чукотского полуострова в Верхояно-Чукотской гидрогеологической складчатой области, имеющие температуру до 60—80° С и расходы от 5 до 70 л/с (Чаунский, Семяновский, Мечигменский, Кукуньский и др.). Состав воды всех чукотских источников хлоридный натриевый, минерализация изменяется от 1,5 до 40 г/л.

В Охотском секторе вулканогенного пояса известен ряд источников с высокой водой от 40 до 90° С (Тавагумский, Мотыклейский, Берелехский, Тальский). Наиболее нагреты воды Тальского источника (90° С). Суммарный расход двух скважин, пройденных в пределах источника, достигает 10 л/с. Другие источники имеют расходы, близкие к указанному.

В Приморском секторе вулканогенного пояса, принадлежащего Сихотэ-Алинской гидрогеологической области, имеются редкие азотные термы, нагретые до 30—55° С (Анненские, Тумнинские, Банные), с расходами от 1,5 до 7 л/с. Состав их в основном гидрокарбонатный натриевый, минерализация воды менее 1 г/л. Межгорные бассейны (Олойский, Зырянский), приуроченные к Колымскому массиву, в гидрогеотермическом отношении совершенно не изучены. Межгорные впадины Сихотэ-Алинской гидрогеологической складчатой области (Суйфунская, Приханкайская, Средне-Амурская) и приуроченные к ним артезианские бассейны выполнены значительно литифицированными и дислоцированными меловыми породами, перекрытыми сверху

относительно маломощным чехлом рыхлых кайнозойских отложений. Глубина до фундамента впадин редко достигает 2000 м. По данным многочисленных глубоких скважин (до 1100—1250 м) отмечены очень слабые водопритоки пресных и солоноватых вод. Температура воды на забоях глубоких скважин не превышала 35° С.

Термальные воды широко распространены в обширной гидрогеологической складчатой области герцинид Азиатского пояса, протягивающегося в пределах Советского Союза от западных отрогов Тянь-Шаня до Алтая и от Забайкалья до Охотского побережья.

Наибольшее число термальных источников отмечено в Тянь-Шаньской складчатой области, выходы их связаны с крупными зонами разломов. Температура воды в этих источниках изменяется от 30 до 90° С, дебиты родников — от 3 до 50 л/с (Ходжа-Оби-Гарм, Оби-Гарм, Иссык-Ата, Ак-Су, Алма-Арасан и др.). Минерализация вод, как правило, не превышает 1 г/л, состав сульфатно-хлоридный натриевый, лишь в единичных источниках отмечается хлоридный натриевый состав и минерализация от 3 до 13 г/л (Джеты-Огуз, Явроз).

К Тянь-Шаньской гидрогеологической области приурочен ряд сложно построенных межгорных бассейнов, наиболее крупными из них являются Южно-Таджикский, Ферганский и Илийский. В первом термальные воды в основном заключены в палеогеновой и меловой соленосных терригенно-карбонатных толщах. Неогеновые отложения, сложенные красноцветными в основном глинистыми отложениями, в осевых частях Сурхан-Дарьинской, Кафирниганской, Вахшской и Кулябской синклиналей имеют мощность до 4000 м, содержат маломощные водоносные горизонты с соленой водой. В юрских соленосных породах заключены рассольные воды. Основной разведуемый комплекс здесь палеогеновый, мощность его достигает 400 м. Скважины, пройденные до глубины 2000 м, вывели на земную поверхность из палеогеновых пород самоизливающиеся воды с температурой 25—50° С и расходами 2—15 л/с, реже более. В краевых частях структур минерализация термальных вод колеблется от 5 до 50 г/л, увеличиваясь с погружением пород до 200 г/л и более. По составу воды метаново-азотные и метановые хлоридные натриевые. Примерно такую же температуру и состав имеют воды, которые выводятся скважинами из мелового водоносного комплекса общей мощностью до 900 м. В Душанбинском районе минерализация вод обычно не превышает 10 г/л, а дебиты скважин при самоизливе достигают 10—15 л/с при температуре воды на устье, равной 40—60° С; на юге бассейна воды рассольные.

В Ферганском бассейне в неогеновых, палеогеновых, меловых и юрских отложениях на большей площади их распространения заключены соленые и рассольные термальные воды, которые выводятся глубокими (от 1200 до 3800 м) скважинами. Воды самоизливающиеся, с температурой на изливе 40—70° С, расходами 1—5 л/с (в неогеновом горизонте до 15 л/с), лишь в краевых частях бассейна в отдельных структурах, в зонах тектонических нарушений дебиты скважин при самоизливе достигают до 30 л/с, воды солоноватые с температурой 35—40° С (юрский комплекс, Джалал-Абад).

В Илийском артезианском бассейне (Джаркентская часть) мезозойские отложения (от триаса до мела) содержат термальные воды, самоизливающиеся с расходом до 30—75 л/с, с температурой от 50 до 95° С. Глубина вскрытия этих вод колеблется от 1200 до 2700 м. Воды пресные и слабосолоноватые, от гидрокарбонатных до хлоридных натриевых.

В Алма-Атинской части Илийского бассейна скважины глубиной до 3100 м вскрывают в неогеновых и палеогеновых отложениях слабо-

водообильные прослойки с термальной водой от пресной до рассольной (до 55 г/л в Алма-Атинской скважине).

В Иссык-Кульском бассейне к палеогеновым и неогеновым отложениям приурочены соленые и рассольные термальные воды. Опробование глубоких скважин показало различную водообильность пород.

Балхаш-Алакульский и Зайсанский межгорные артезианские бассейны имеют сравнительно небольшую (около 1000—1500 м) глубину до фундамента (в Ферганском и Таджикском — до 8—10 км, в Илийском — 4—6 км). В неогеновых и палеогеновых отложениях, выполняющих эти бассейны, вскрываются пресные и солоноватые термальные воды. В Балхаш-Алакульском бассейне расходы самоизливающихся скважин достигают 10 л/с, а температура воды на изливе 30—50° С. В Зайсанском бассейне водообильность пород незначительная. Меловые и юрские отложения, наличие которых можно предполагать в указанных бассейнах, скважинами не вскрыты и степень их водоносности неизвестна.

В гидрогеологических складчатых областях Забайкалья и Приамурья имеется ряд термальных источников, нагретых до 45—70° С (Кырпинский, Былыринский, Альский, Тырминский, Кульдурский). Дебиты источников обычно не превышают 5 л/с. Выведенные двумя скважинами термальные воды на Кульдурском месторождении имеют температуру 72—73° С, суммарный расход до 22 л/с. Вода источников пресная азотная, от гидрокабонатного до гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатного натриевого состава.

В многочисленных межгорных артезианских бассейнах этого района, выполненных терригенными и вулканогенными отложениями юры, мела и кайнозоя и имеющих структуру грабенов, гидрогеотермические условия изучены очень слабо. Судя по данным испытания скважин глубиной до 2800 м, пройденных в наиболее крупном по размерам Зейско-Буреинском бассейне, дебит скважин, вскрывших меловые породы, оказался ничтожно малым, равным десятым и сотым долям метра в секунду. Температура воды на глубине 2500—2800 м не превышала 75° С, минерализация увеличивалась от 1,4 г/л на глубине 750 м до 2,5 г/л на глубине 2000 м. По составу воды гидрокарбонатно-хлоридные натриевые. Такие же коллекторские свойства пород можно ожидать и в других межгорных артезианских бассейнах, сходных по типу слагающих их пород с Зейско-Буреинским артезианским бассейном.

Гидрогеологическая область Байкальской рифтовой зоны представляет собой одну из крупнейших рифтовых зон мира. Она включает систему грабенов, заложенных в неогене и продолжавших развиваться в четвертичное время. К ним приурочен ряд артезианских бассейнов. Грабены ограничены системой молодых разломов, с которыми связаны выходы многочисленных термальных источников (до 60 источников). Температура воды источников колеблется от 20 до 82° С, расходы — от 1 до 85 л/с, минерализация редко достигает 1 г/л. Химический состав воды изменяется от гидрокарбонатно-сульфатного до сульфатно-хлоридного натриевого. Наиболее крупными и нагретыми источниками являются Могойский, Аллинский, Баунтовский, Хакусский, Питателевский, Котельниковский, Умхейский, Гаргинский, Горячинский и др.

К Селенгинскому, Тункинскому, Баргузинскому и другим межгорным артезианским бассейнам, в основном выполненным терригенными отложениями неогена, приурочены пресные и солоноватые термальные воды. В Селенгинском бассейне из скважин с глубины 1800—2900 м самоизливались воды с дебитами до 3 л/с и температурой на устье 50—75° С. В Тункинском бассейне в зоне тектонического нарушения из сква-

жины с глубины 750—900 м получен самоизлив воды в количестве 2—8 л/с с температурой на устье 38—41° С, с глубины 1500—1900 м расход при самоизливе уменьшился до 0,6 л/с. В Баргузинском бассейне из скважины с глубины 900 м дебит при самоизливе вод был небольшим, а температура составляла 22° С.

В Саяно-Алтайско-Енисейской гидрогеологической складчатой области в районе Западного и Восточного Саян, относящихся к области каледонской складчатости, имеется ряд азотных и углекислых термальных источников, выходящих вдоль крупных тектонических нарушений. Температура воды азотных источников наиболее высокая — от 40 до 83° С (Тейрыс, Абаканский, Уш-Белдырский), расходы — от 1 до 12 л/с. Последняя цифра относится к наиболее нагретому Уш-Белдырскому источнику, каптированному несколькими скважинами. Вода пресная, сульфатно-гидрокарбонатная натриевая. Углекислые источники (Изиг-Суг, Хойто-Гол и др.) расположены вблизи четвертичного вулкана, температура воды от 30 до 42° С, расход до 17 л/с, минерализация до 2,5 г/л, по составу воды относятся к гидрокарбонатным натриевым.

На Алтае известно всего три термальных источника, самый крупный из них Белокурихинский. Скважинами глубиной до 525 м здесь выведены термальные воды с температурой до 42° С, с суммарным дебитом скважин до 12 л/с. Воды пресные, сульфатно-гидрокарбонатные натриевые.

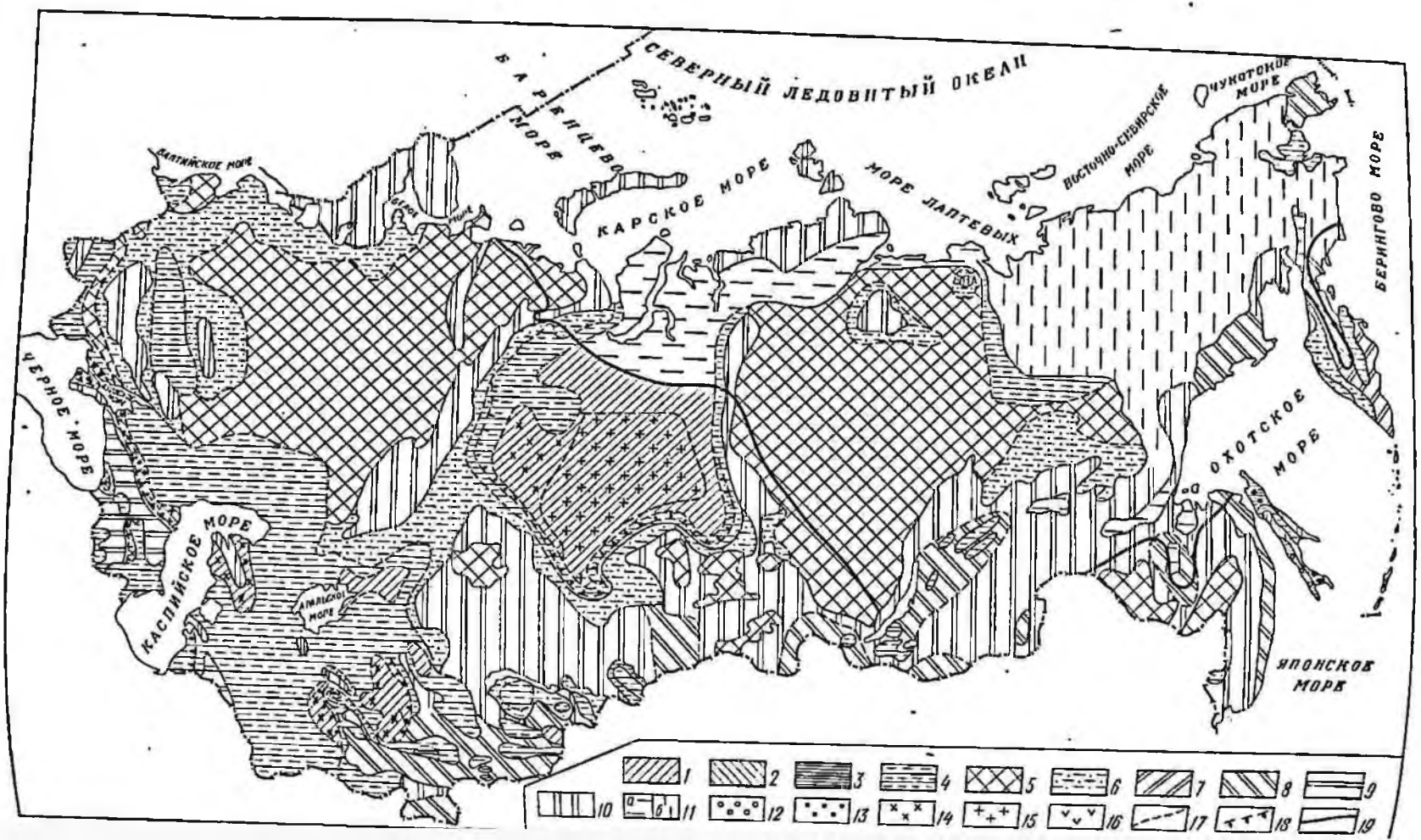
Межгорные бассейны Саяно-Алтайско-Енисейской области (Минусинский, Тувинский, Рыбинский, Кузнецкий) выполнены в основном отложениями девона, карбона и перми (Тувинский, кроме того, породами силура), содержат главным образом рассольные хлоридные натриевые термальные воды с минерализацией до 250—320 г/л; только к карбоновым и нижнепермским отложениям Кузнецкого бассейна приурочены соленые воды. Опробование нефтеразведочных скважин глубиной до 2900 м показало низкие коллекторские свойства пород (в основном опробовались средне- и верхнедевонские водосодержащие отложения Минусинского бассейна и карбоновые с пермскими — в Кузнецком бассейне), вследствие чего расходы скважин при откачках достигали всего 0,5—1 л/с при понижениях уровня в несколько десятков метров. Наибольшая температура воды (80—82° С) была отмечена на глубине 2800—2850 м.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы термальных вод

В соответствии с приведенной выше краткой характеристикой распространения термальных вод на территории Советского Союза намечены перспективные районы (рис. 4), где термальные воды могут найти практическое применение, а в пределах этих районов выделены основные водоносные комплексы с термальной водой и подсчитаны эксплуатационные ресурсы этих вод.

При выделении перспективных районов принимались во внимание следующие гидрогеотермические показатели: глубина залегания основных водоносных комплексов с термальной водой, коллекторские свойства пород, температура, минерализация и состав воды. Кроме того, учитывались технико-экономические показатели, которые позволяют оценить экономическую эффективность использования термальных вод в народном хозяйстве.

Известно, что для использования термальных вод в качестве источника тепловой энергии термальные воды должны обладать значи-


СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН
БАРЕНЦЕВО МОРЕ
КАРСКОЕ МОРЕ
МОРЕ ЛАПТЕВЫХ
ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ
ЧУКОТСКОЕ МОРЕ
БЕРИНГОВО МОРЕ
БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ
БЕЛОЕ МОРЕ
ЧЕРНОЕ МОРЕ
КАСПИЙСКОЕ МОРЕ
АРАЛЬСКОЕ МОРЕ
ОХОТСКОЕ МОРЕ
ЯПОНСКОЕ МОРЕ
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

тельными эксплуатационными ресурсами (десятки и сотни литров в секунду), при этом чем ниже температура воды, тем большее количество ее требуется для покрытия определенных тепловых нагрузок. При оценке перспектив использования термальных вод следует учитывать, что при строительстве геотермальных установок значительная доля капитальных затрат падает на буровые работы.

Наиболее перспективными следует считать те районы, где наиболее высокий геотермический градиент, что позволяет вскрывать воды с достаточно высокой температурой на сравнительно небольших глубинах, термальные воды при вскрытии их скважинами дают самоизлив с достаточно большими дебитами и по составу и минерализации пригодны для эксплуатации.

Следует подчеркнуть, что наибольшие величины геотермического градиента свойственны платформенным артезианским областям и межгорным артезианским бассейнам, выполненным мезо-кайнозойскими отложениями. В пределах этих структур геотермический градиент достигает 3° С на 100 м, а часто и более. Для платформенных артезианских областей и межгорных бассейнов, выполненных палеозойскими отложениями, величина геотермического градиента не выше 2,5° С на 100 м, часто меньше.

Таким образом, в пределах платформенных артезианских областей и межгорных артезианских бассейнов перспективными следует считать районы, где величина геотермического градиента близка к 3° С на 100 м или больше 3° С на 100 м. Обычно в этих районах термальные воды при вскрытии скважинами самоизливаются, в то время как в пределах древних платформ самоизлива не наблюдается.

При подсчете эксплуатационных ресурсов учитывались термальные воды с минерализацией не выше 35 г/л.

Только после накопления достаточного опыта применения минерализованных термальных вод будет начата эксплуатация месторождений с рассольными водами.

Приведенные выше соображения касались в основном термальных вод пластового типа. Из числа районов, где развиты термальные воды трещинно-жильного типа, к перспективным следует отнести те, что характеризуются интенсивными термопроявлениями, связанными с тектоническими движениями альпийского этапа.

Таким образом, среди перспективных районов по условиям залегания и циркуляции термальных вод выделяются две группы:

1) районы, расположенные в гидрогеологических складчатых областях, испытавших интенсивное воздействие новейших тектонических движений и связанных с ними явлений вулканизма. Здесь термальные воды имеют локальное развитие и относятся к трещинно-жильному типу;

Рис. 4. Карта перспектив использования термальных вод СССР. Составил Б. Ф. Мавринский.

Перспективные районы использования термальных вод от пресных до соленых с температурой от 40 до 120° С: *1* — в мезозойских отложениях артезианских бассейнов; *2* — то же, в отложениях мезозоя и кайнозоя; *3* — то же, в отложениях кайнозоя; *4* — районы с ограниченной перспективой использования термальных вод с низкими температурами — 20—40° С или с рассольным характером минерализации высокопагретых вод); *5* — бесперспективные районы; *6* — районы с отсутствием термальных вод в осадочном чехле бассейнов. Перспективные районы использования термальных вод трещинных систем: *7* — современного вулканизма (температура 40—200° С); *8* — зоны районов современного вулканизма (температура 40—100° С). Районы: *9* — с ограниченными перспективами использования; *10* — бесперспективные; *11* — с невыясненными перспективами; *а* — в пластовых системах. *б* — в трещинных системах. Площади с возможной производительностью водозаборов (в л/с): *12* — до 50; *13* — 50—100; *14* — 100—200; *15* — 200—300; *16* — более 300. Границы: *17* — районов с различной перспективностью; *18* — площадей с самоизливающимися водами; *19* — развития многолетнемерзлых пород. Сплошные тонкие линии — геолого-структурные границы

2) районы эпипалеозойских платформенных артезианских областей и межгорных артезианских бассейнов, выполненных мезо-кайнозойскими осадками, с площадным распространением пластово-поровых и пластово-трещинных термальных вод.

К перспективным районам первой группы относятся районы современного вулканизма Камчатской и Курильской гидрогеологических складчатых областей, гидрогеологические складчатые области Тянь-Шаня, Байкала, Памира, Чукотско-Катазиатского вулканогенного пояса и некоторые другие.

Из числа перспективных районов второй группы можно выделить следующие: на Западно-Сибирской платформенной артезианской области площади развития термальных вод к югу от 60° с. ш. и особенно южнее Транссибирской железной дороги; на Туранской платформенной артезианской области — Бухаро-Каршинский гидрогеологический район, Сырдарьинский бассейн, систему бассейнов Кызылкумской зоны поднятий, отдельные участки в Мангышлакском и Устюртском районах; на Скифской платформенной артезианской области — районы равнинной части Крыма и Предкавказья. Среди межгорных бассейнов следует выделить Восточно-Черноморский (Рионский), отдельные участки Куринского, Ферганского и Таджикского бассейнов, Джаркентский, Селенгинский, Тункинский бассейны, артезианские бассейны о. Сахалина и некоторые другие.

В платформенных артезианских областях месторождения термальных вод имеют столь большие размеры (тысячи и десятки тысяч квадратных километров), что в их пределах могут быть выделены эксплуатационные участки, характеризующиеся определенным геолого-структурным строением, гидрогеологическими условиями и технико-экономическими показателями. В некоторых районах из-за недостаточной их гидрогеотермической изученности трудно установить точные границы месторождений термальных вод. Это связано также с очень постепенным изменением качественных показателей термальных вод и глубин их залегания (например, на площади Западно-Сибирской платформенной артезианской области).

В гидрогеологических складчатых областях месторождения трещинно-жильных термальных вод имеют четко выраженные границы и по размерам редко превышают 1 км^2. Лишь некоторые месторождения в районах современного вулканизма занимают площади в несколько квадратных километров.

Типизация месторождений термальных вод по геолого-структурному признаку с учетом источников формирования их эксплуатационных ресурсов приведена в гл. I. В этой типизации были выделены месторождения артезианских бассейнов платформенного типа, межгорных впадин и месторождения кристаллических массивов складчатых областей, районов современного вулканизма. При этом два первых типа представляют пластовые, а два последних — трещинно-жильные месторождения. Выявленные общие закономерности распространения и условий залегания термальных вод на территории СССР позволяют подойти к разработке ряда более дробных типизаций по параметрам, определяющим целесообразность освоения месторождений. К таким показателям относятся глубина, условия залегания, температура термальных вод, возможные расходы водозаборов, минерализация вод, положение статического уровня.

По температуре все месторождения могут быть подразделены на слаботермальные (20—50° С), термальные и высокотермальные (50—100° С) и с перегретыми водами (более 100° С).

По дебитам водозаборов месторождения могут быть подразделены на малодебитные (менее 50 л/с), среднедебитные (50—100 л/с) и высокодебитные (свыше 100 л/с). При этом для месторождений трещинно-жильного типа эти расходы будут соответствовать возможным эксплуатационным запасам всего месторождения при самоизливе воды; на месторождениях пластового типа указанные величины соответствуют расходам стандартных водозаборов, расположенных на площади 25 км², состоящих из пяти скважин, при понижении динамического уровня до 100 м ниже поверхности земли и расчетном сроке эксплуатации 10 тыс. сут.

По минерализации воды выделяются месторождения пресных вод (до 1 г/л), солоноватых (1—10 г/л) и соленых (10—35 г/л). Месторождения с рассольными термальными водами, как отмечено выше, относятся к забалансовым.

По характеру самоизлива вод месторождения могут быть самоизливающиеся не газирующие, самоизливающиеся газирущие и дающие из скважин извержение пароводяной смеси.

Наконец, по глубине залегания термальных вод месторождения могут быть подразделены на ряд категорий. В пределах артезианских бассейнов платформенных и складчатых гидрогеологических областей можно выделить месторождения с водоносными комплексами, залегающими относительно неглубоко (до 1500 м), глубоко (от 1500 до 2500—3000 м) и на предельно допустимых по гидрогеотермическим и технико-экономическим показателям глубинах (от 2500—3000 до 3500 м). На месторождениях трещинно-жильного типа в гидрогеологических складчатых областях глубина залегания обычно колеблется от 150 до 200 м, реже до 300 м, в районах современного вулканизма она составляет до 500 м, реже больше.

Следует подчеркнуть, что наиболее распространенными месторождениями как пластового, так и трещинно-жильного типов являются слаботермальные и термальные. Месторождения с перегретыми водами (температура воды свыше 100° С) имеют практическое значение в основном в районах современного вулканизма (Камчатка, Курильские острова) и относятся к трещинно-жильному типу. Месторождения с перегретыми водами пластового типа встречаются редко, лишь в пределах Предкавказья и Рионской впадины. На таких месторождениях, как Кизлярское, Очемчирское, Прасковейское (на последнем минерализация вод намного превышает 35 г/л), скважинами глубокой свыше 3000 м выводятся воды и пароводяные смеси с температурой от 100 до 115° С, редко до 120° С.

Для определения практического значения термальных вод в народном хозяйстве важно иметь представление об общих эксплуатационных ресурсах термальных вод и запасах тепла, заключенных в этих водах, в пределах выделенных перспективных районов.

Особенности методики региональной оценки эксплуатационных ресурсов термальных вод рассмотрены в гл.I. Результаты оценки ресурсов перспективных районов в артезианских бассейнах платформенных и складчатых областей приведены в табл. 34.

К настоящему времени не для всех перечисленных районов удалось получить достаточно полные и надежные данные о прогнозных запасах термальных вод. Это объясняется главным образом неодинаковой изученностью и неравномерной разбуренностью отдельных районов. Для ряда участков оказалось недостаточно фактических данных о коллекторских свойствах водоносных комплексов, по ним приняты расчетные величины водопроводимости и пьезопроводности по аналогии с соседними, более изученными участками, находящимися в сходных геологических и гидрогеологических условиях. При ограниченной информации о гидрод-

Таблица 34

Эксплуатационные ресурсы термальных вод пластового типа по отдельным районам СССР

Район	Водоносный комплекс	Прогнозные ресурсы, м³/с	Температура термальных вод, °С	Прогнозные запасы тепла, млн. Гкал/год (при к.п.д.=0,5)
Западно-Сибирская платформенная артезианская область				
Южные районы (к югу от 58° с. ш.)	Апт-альб-сеноманский	100	40—50	95
	Неокомский	20	40—70	
Северный район (к северу от 58° с. ш.)	Апт-альб-сеноманский	50	40—50	45
	Неокомский	8	40—70	
Туранская платформенная артезианская область				
Сырдарьинский артезианский бассейн	Альб-сеноманский, неокомский	10	40—70	11
Бухаро-Хивинский район Амударьинского сложного артезианского бассейна	Альб-сеноманский	5	40—60	
Артезианский бассейн Кызылкумской зоны поднятий	Меловой	1	40—60	
Южно-Мангышлакский и Северо-Устюртский сложные артезианские бассейны	Альб-сеноманский	4	40—60	3
Скифская платформенная артезианская область				
Северо-Крымский артезианский бассейн	Меловые	2	40—70	1,5
Азово-Кубанский артезианский бассейн	Палеоген-неогеновые	6	40—100	18
Восточно-Предкавказский артезианский бассейн	Палеогеновые, неогеновые, меловые	12	40—100	
Межгорные артезианские бассейны				
Восточно-Черноморский (Рионский), Алазанский	Неокомский, палеогеновые, неогеновые	3	40—100	4
Курянский и Кусаро-Дивичинский	Меловые, палеогеновые, неогеновые	4	40—70	2
Южно-Таджикский	Меловые, палеогеновые, неогеновые	1	40—60	0,5
Ферганский	Неогеновые (частично меловой)	2	40—70	1,5
Джаркентский	От триасового до мелового возраста	2	40—100	2,5
Баргузинский, Селенгенский, Тункинский	Неогеновые	1	40—70	1,0
О. Сахалин	В основном неогеновые	3	40—70	2,5
Всего		234	40—100	190

Примечания: 1. Кроме автора в подсчете прогнозных ресурсов принимали участие Г. К. Антоненко и И. С. Отман. 2. Запасы термальных вод с температурой 40—60° С составляют 195 м³/с, с температурой 60—80° С — 34 м³/с, с температурой 80—100° С — 6 м³/с.

мических параметрах водонапорных систем использованы схематизированные данные. Все это определенным образом отразилось на полноте и достоверности проведенных расчетов.

Как видно из табл. 34, выявленные эксплуатационные ресурсы термальных вод месторождений пластового типа составляют около 235 м³/с, при этом более 75% приходится на Западно-Сибирскую артезианскую область. Основным источником формирования эксплуатационных ресурсов на месторождениях пластового типа являются естественные (упругие) запасы, в межгорных артезианских бассейнах определенное значение имеют привлеченные естественные ресурсы. Модули эксплуатационных ресурсов в различных перспективных районах изменяются от 0,05 до 0,2 л/с на 1 км².

Как отмечено выше, эксплуатационные ресурсы термальных вод в горно-складчатых областях подсчитаны по данным разведочных работ, а там, где поисково-разведочные работы не проводились, они определены по величине естественной разгрузки термальных вод с учетом коэффициента увеличения расходов при разбуривании. Этот коэффициент принимался равным 2—3, т. е. минимальным из получаемых на практике при проведении разведочных работ.

Как показали данные разведки многочисленных месторождений термальных вод трещинно-жильного типа, естественная разгрузка этих вод, как правило, во много раз (до 10—20 раз и более) меньше запасов термальных вод, которые выявляются при проведении разведочных работ (Горячинск, Кульдур, Исти-Су, Паужетка, Паратунка и многие другие месторождения). Температура воды на глубине выше, чем на выходе источников.

Данные расчета эксплуатационных ресурсов термальных вод горно-складчатых областей (месторождений трещинно-жильного типа) сведены в табл. 35 (по Камчатке при подсчете ресурсов парогидротерм были использованы материалы Института вулканологии СО АН СССР). Как

Таблица 35

Эксплуатационные ресурсы термальных вод трещинно-жильного типа по перспективным районам

Район	Прогнозные ресурсы		Температура вод, °С	Запасы тепла, млн. Гкал/год (при к. п. д.=0,5)
	термальных вод, м³/с	парогидротерм, т/с		
Камчатская гидрогеологическая складчатая область	2	—	40—100	2,5
	—	4	100—200	20,0
Курильская гидрогеологическая складчатая зона	1	—	40—100	1,4
	—	1	100—200	5,0
Байкальская гидрогеологическая складчатая зона	1	—	40—80	1,0
Складчатая гидрогеологическая зона Тянь-Шаня	1	—	40—90	1,0
Складчатые гидрогеологические зоны Большого и Малого Кавказа, Талыша, Памира, Саян, Приамурья, Чукотки, района вулканогенного пояса	2	—	40—90	2,0
Всего	7	5	—	33

следует из этой таблицы, выявленные прогнозные эксплуатационные ресурсы термальных вод горно-складчатых областей составляют всего 7 м³/с, а парогидротерм — 5 т/с. Из сопоставления данных табл. 34 и 35 следует, что прогнозные эксплуатационные ресурсы термальных вод пластового типа во много раз превышают ресурсы термальных вод трещинно-жильного типа. Это определяет основное практическое значение того и другого типов месторождений и методику проведения геологоразведочных работ на термальные воды.

В таблицах 36 и 37 приведены возможные дебиты групповых водозаборов на месторождениях пластового и трещинно-жильного типов. Эти данные более четко определяют возможные масштабы использования термальных вод для различных целей.

На основе приведенных в табл. 36 данных о возможных расходах водозаборов и температуре воды оценена прогнозная теплопроизводительность водозаборов на месторождениях термальных вод пластового типа. Результаты определений сведены в табл. 38.

Теплопроизводительность месторождений термальных вод трещинно-жильного типа с температурой вод до 100° С может колебаться от 1 до 70—75 Гкал/ч. Таким образом, теплопроизводительность водозаборов термальных вод на месторождениях пластового и трещинно-жильного типов в перспективных районах имеет диапазон от 1 до 75 Гкал/ч. Только на месторождениях парогидротерм в районах современного вулканизма теплопроизводительность водозаборов может составлять сотни гигакалорий в час, и на базе таких месторождений могут работать электростанции мощностью в тысячи и десятки тысяч киловатт.

Выявленные эксплуатационные ресурсы термальных вод имеют различную ценность с точки зрения их практического освоения и могут быть подразделены на две категории: ресурсы первоочередного освоения и ресурсы более отдаленной перспективы освоения.

Первая категория ресурсов должна удовлетворять ряду показателей, из которых основными являются: 1) достаточно высокая водопроводимость коллекторов (от 30—50 м²/сут и более), обеспечивающая высокие расходы водозаборов; 2) температура воды на изливе выше 40° С; 3) относительно невысокая минерализация воды (не более 10 г/л); 4) отсутствие или незначительное солеотложение в трубопроводах при эксплуатации; 5) низкая коррозионная активность воды.

Термальные воды, удовлетворяющие перечисленным показателям, при их практическом использовании, как правило, не будут требовать применения водотеплообменных устройств и решения специальных вопросов сброса и захоронения отработанных термальных вод, что повысит экономическую эффективность эксплуатации таких вод.

Из общих прогнозных запасов термальных вод, составляющих около 250 м³/с, указанным требованиям удовлетворяют запасы, определяемые в 80 м³/с. Из этого количества более 70 м³/с составляют термальные воды пластового типа, развитые, как правило, на уже обжитых площадях или в интенсивно осваиваемых районах.

Примерное распределение запасов первой очереди освоения по отдельным районам дано в табл. 39.

Из числа указанных в табл. 36 месторождений термальных вод пластового типа по возможным расходам водозаборов, температуре воды на изливе и ее минерализации могут быть рекомендованы для первоочередного освоения месторождения Предкавказья, Очамчирское, Мегрельское (Зугдидское). Из числа месторождений трещинно-жильного типа (табл. 37) в первую очередь должны быть освоены наиболее крупные месторождения парогидротерм Камчатки и Курильских островов (Семячинско-Узонское, Мутновско-Жировское, Кошелевское, Паужетское, Ки-

реунское, Горячий Пляж и др.). Большую практическую ценность имеют и другие месторождения термальных вод трещинно-жильного типа, например Байкальской рифтовой зоны.

В настоящее время ГКЗ СССР по сумме всех категорий утверждены эксплуатационные запасы термальных вод и парогидротерм по 15 месторождениям и участкам, находящимся в Грузии (семь участков), Северном Кавказе (четыре участка), на Камчатке (четыре участка), немногим более 3 м³/с термальных вод и 0,25 т/с парогидротерм. Таким образом, степень изученности выявленных прогнозных ресурсов составляет всего около 1,5%.

На базе разведанных запасов парогидротерм построена и работает Паужетская ГеоТЭС мощностью до 5 МВт и намечается строительство Южно-Курильской ГеоТЭС. Термальные воды используются для отопления, горячего водоснабжения и хозяйственно-бытовых нужд в ряде городов, сельских поселков, курортов. Термальными водами отапливаются Паратунское, Ханкальское, Тернаирское, Охурейское и другие тепличные-парниковые хозяйства общей площадью свыше 20 га.

Для более широкого применения термальных вод в народном хозяйстве требуется широкое развитие геологоразведочных работ. Следует ускорить проведение разведочных работ на Камчатке, где освоение тепла, заключенного в термальных водах и парогидротермах, может стать основой энергетики и теплоснабжения этого удаленного района и позволит обходиться без привоза дорогостоящего топлива. Разведочные работы должны быть усилены в Предкавказье, в Грузинской ССР, в южных районах Западной Сибири и ряде районов Узбекистана и Казахстана. В полупустынных районах равнинной части Узбекистана, Мангышлака и Устюрта термальные воды уже находят и в дальнейшем найдут еще большее практическое применение. В этих районах, ощущающих недостаток в питьевой и технической воде, термальные воды по качеству относятся к питьевым или близки к ним, поэтому использование их уменьшит водный дефицит. На базе термальных вод можно организовать горячее водоснабжение, сеть бальнеолечебниц, построить бани, прачечные, плавательные бассейны, теплично-парниковые хозяйства и др.

Технико-экономические расчеты, выполненные ЦНИИЭП инженерного оборудования Госгражданстроя СССР (Локшин, 1969) по ряду осваиваемых объектов (Махач-Кала, Ханкала, Зугдиди, Цаишн, Черкесск, Тобольск и др.), показали достаточно быструю окупаемость капитальных затрат на строительство объектов отопления, горячего водоснабжения на базе термальных вод. В зависимости от размеров геотермального объекта годовая прибыль составляет от 100 до 500 тыс. руб., экономятся десятки тысяч тонн угля и миллионы кубических метров водопроводной воды в год. Сроки окупаемости капиталовложений обычно не превышают пяти лет.

Зарубежный и отечественный опыт использования термальных вод показывает, что чем многообразнее и на более совершенном техническом уровне утилизируются все полезные свойства воды, тем выше экономическая эффективность эксплуатации данных месторождений.

Широкое развитие гелогоразведочных работ на термальные воды диктуется значительными потребностями тепла в пределах вышеуказанных перспективных районов. Эти потребности, по данным института «Теплоэлектропроект» и НИИ овощного хозяйства, составляют для коммунально-бытовых нужд и сельского хозяйства более 120 млн. Гкал/год, а к 1980 г. возрастут примерно до 150 млн. Гкал/год. Если принять, что лишь 50% теплового потенциала термальных вод будет полезно исполь-

Гидрогеотермическая характеристика типичных месторождений термальных вод пластового типа

Таблица 36

Месторождение	Основные водоносные комплексы с термальной водой	Ориентировочная глубина скважин, м	Водопроводимость, м²/сут	Избыточные напоры, м	Температура, °С	Минерализация, г/л	Расчетные расходы стандартных водозаборов, л/с*
Западно-Сибирская артезианская платформенная область							
Колпашевское	Неокомский и апт-сеноманский	1100—2200	150—200	20—50	35—75	1—5	250—300
Барабинско-Купинское	То же	1100—2000	150—220	10—30	35—65	1—15	250—400
Омско-Тарское		1200—2500	150—200	10—30	40—75	5—25	250—350
Тобольское	Неокомский	1500—2200	50—80	20—50	45—75	10—20	100—150
Тюменское		1000—1700	50—80	20—50	35—60	10—20	100—150
Сургутское	Неокомский и апт-сеноманский	1300—2200	До 150	20—50	40—65	10—35	250—300
Туранская артезианская платформенная область							
Равнинная часть Узбекистана							
Ташкентское	Альб-сеноманский	1500—2200	40—50	До 150	50—75	1—3	100—150
Бухарское	"	800—1500	100—150	До 50	40—50	1—10	200—300
Каршинское	"	800—1500	100—150	До 50	40—50	До 35	200—300
Мангышлак и Устюрт							
Шевченковское	Альб-сеноманский	800—2000	50—120	До 50	40—60	3—10	150—250
Тенгинское	"	1000—2000	50—80	5—10	40—60	Более 10	До 150
Тигенское	"	800—2000	70—100	До 50	40—60	3—10	150—200
Скифская артезианская платформенная область							
Равнинный Крым							
Сакско-Евпаторийское	Неокомский	1000—1700	50	До 120	50—60	5—10	До 150
Белогорское	"	1000—3000	50	До 100	50—90	5—35	До 150
Джанкойское	Дат-эоценовый	До 2000	40	До 50	50—70	20—35	До 100
Предкавказье							
Майкопское	Меловой и третичный	1500—2500	100—140	До 100	50—90	1—35	300—400
Черкесское	Альб-сеноманский	1200—2000	50—100	До 100	50—65	1—3	150—300
Нальчикское	"	1000—2500	50—100	До 100	40—75	1—35	150—300
Грозненское	Чокрак-караганский	800—2500	200—400	До 100	50—100	1—3	До 500
Моздокское	"	1400—2500	30	20—50	50—80	3—10	50
Прохладненское	"	1500—2500	50	До 100	50—85	3—10	До 150
Махач-Калинское	"	1100—3000	200—300	20—50	45—90	2—35	До 400—500
Кизлярское	"	2200—3000	100—150	До 100	80—100	10	300—400
Артезианские бассейны межгорных впадин							
Восточно-Черноморский (Рионский) артезианский бассейн							
Мегрельское	Неокомский	1500—3000	250—350	50—100	60—100	1—3	До 400—500
Очамчирское	"	До 3000	До 100	До 100	80—100	1—3	До 300
Куринский артезианский бассейн							
Кировобадское	Майкопский, акчагыльский, апшеронский	1000—2000	50	50—100	40—65	1—15	100—150
Джаркентский артезианский бассейн							
Панфиловское	Меловой, частично юрский и триасовый	2000—3000	50—100	50—100	60—90	1—10	100—200
Артезианские бассейны о. Сахалин							
Северо-Сахалинское	Неогеновый	1500—2500	30—50	50—100	40—70	5—20	50—150
Паронайское	"	1500—2500	30—50	50—100	40—70	3—15	50—150

* За стандартный принят водозабор площадью 25 км², состоящий из пяти скважин. Подсчет расходов проведен по формуле большого колодца исходя из условий: расчетное понижение равно избыточному; полюс понижения на 100 м ниже поверхности земли; коэффициент пьезопроводности — 10^5 м²/сут, расчетный период эксплуатации — 10 тыс. сут, радиус большого колодца — 400 м

Таблица 37

Характеристика основных месторождений термальных вод трещинно-жильного типа

Район, месторождение	Ориентировочная глубина скважин, м	Минерализация, г/л	Температура, °С	Разведанные и прогнозные запасы, л/с (для пароводогидротермы, кг/с)
Талыш, Алашинское	150—200	20	50	50
Тянь-Шань, Иссык-Атинское	150	0,3	55	30*
Памир, Джиландинское	150—200	1,0	70—75	30
Саяны, Уш-Бельдырское	150	0,4	80	10*
Байкальская система				
Могойское	150—200	0,5	80	80
Питателевское	150—300	1	60—70	20*
Горячинское	150	0,6	55	20*
Аллинское	150—200	0,5	75	10—20
Сейюйское	150—200	0,5	55—60	20
Буреинский массив, Кульдурское	150	0,4	73	25*
Чукотско-Охотский сектор вулканогенного пояса, Чаплинское	200—300	18—20	80—85	30—40**
Таватумское	200—300	15	60	20
Тальское	150	0,5	90	10*
Камчатка				
Паланское	200 - 300	1	95	30—50
Киреунское	300—500	1—3	100	100—200
Семячинско-Узонское	300—600	2—5	150—200	1500—2000
Паужетское	500—600	2—5	150—200	500—1000**
Кошелевское	300—600	2—5	150—200	1000
Больше-Банное	500—600	1—2	150—180	200*
Мутновско-Жировское	300—600	2—5	150—200	500
Паратунское	500—600	1—2	70—85	300*
Налычевское	300—500	3—5	80—100	100
Малкинское	200—500	1	80—85	до 100**
Эссовское	300—500	1—2	80—85	до 100
Курилы, Горячий Пляж	200—500	2—5	150—200	100**

* Месторождения разведанные.
** Месторождения разведуемые.

Таблица 38

Возможная теплопроизводительность водозаборов на месторождениях пластового типа

Расчетные расходы водозаборов, л/с	Прогнозная теплопроизводительность водозаборов, Гкал/ч, при температуре воды, °С					
	50	60	70	80	90	100
50	4	5	6	7	8	9
100	8	10	12	14	16	18
200	16	20	24	28	32	36
300	24	30	36	42	48	54
400	32	40	48	56	64	72

Примечание. При расчетах коэффициент полезного использования тепла принят равным 0,5.

зовано, то и в этом случае за счет термальных вод можно покрыть значительную часть указанной потребности в тепле.

Для использования глубинного тепла Земли в промышленных масштабах должны быть значительно расширены против современного уров-

Распределение по районам прогнозных запасов термальных вод первоочередного освоения

Таблица 39

Район	Возраст водовмещающих пород	Минерализация, г/л	Температура воды, °С	Прогнозные запасы	
				воды, м³/с	тепла, млн. Гкал/год (к. п. д.=0,5)
Термальные воды пластового типа					
Западная Сибирь (Новосибирская, Омская, Павлодарская области, Алтайский край)	Альб-сеноман и неоком	1—3	40—60	20	16
		3—10	40—60	26	19
Сырдарьинский (Кзыл-Ординская, Ташкентская, Чимкентская области)	Альб-сеноман	1—3	40—80	8	5,5
		3—10	40—80	2	1,5
Бухаро-Хивинский		1—10	40—60	2	1,5
Кзыл-Кумский	Мел	1—5	40—60	1	0,5
Южно-Мангышлакский и Северо-Устюртский	Альб-сеноман	1—10	40—60	1	0,5
Равнинный Крым	Мел	1—10	40—60	1	0,5
Западное Предкавказье (Краснодарский край)	Мел, палеоген, неоген	1—10	40—80	3	3
Центральное Предкавказье (Ставропольский край)	Мел	1—10	40—80	1	1
Восточное Предкавказье (Ставропольский край, Дагестанская, Кабардино-Балкарская и Чечено-Ингушская автономные республики)	Мел, палеоген, неоген	1—10	40—100	5	5
Рионский (Грузинская ССР)	Неоком	1—10	40—100	2	3
Алазанский	Неоген	3—10	40—100	1	1
Куринский (Кировобадская обл.)	Неоген, мел	1—10	40—70	2	1,5
Ферганский	Неоген	1—10	40—70	1	1
Джаркентский (Алма-Атинская и Талды-Курганская области, Казахская ССР)	От триаса до мела	1—10	40—100	2	2
Селенгинский (Бурятская АССР)	Неоген	1—3	40—70	0,5	0,5
Сахалинский		1—10	40—70	2	1,5
Всего				70,5	64,5
Термальные воды трещинно-жильного типа					
Камчатка	—	1—3	40—100	2	2,5
		2—5	100—200	4	20
Курильские острова	—	1—3	40—100	1	1,5
		3—10	100—200	1	5
Прибайкальский (Бурятская АССР)	—	До 1	40—80	1	1
Всего				9	30
Итого				80	95

ния разведочные работы на выявленных месторождениях термальных вод, отнесенных к категории первоочередного освоения. Одновременно с расширением разведочных работ необходимо планировать строительство объектов теплоснабжения на разведанных запасах термальных вод.

РЕСУРСЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОД

Общие сведения о подземных промышленных водах

Подземные воды, содержащие в повышенных количествах отдельные ценные компоненты или их соединения, могут использоваться как промышленное химическое сырье, а также в бальнеологических целях. Известны подземные воды с весьма высокими концентрациями иода, брома, бора, лития, стронция, калия, магния, цезия, рубидия и других компонентов, представляющих существенный интерес для различных отраслей промышленности. Подземные воды с заметным или даже высоким содержанием перечисленных элементов характеризуются часто широким региональным распространением и большими естественными запасами в пределах крупных водонапорных систем платформенного типа, предгорных и межгорных артезианских бассейнов. Однако возможности их практического использования часто ограничены, что связано с техническими и экономическими трудностями освоения месторождений, а также с отсутствием разработанной технологии извлечения из подземных вод большего числа перечисленных компонентов в заводских условиях.

В настоящее время в СССР из подземных вод в промышленных количествах извлекаются иод и бром, поэтому потребность в промышленных подземных водах определяется главным образом запросами и планами развития иодо-бромного производства в стране. В связи с этим дальнейшее изложение в основном посвящено промышленным иодобромным водам.

Первая опытная иодная установка была построена в 1915 г. в г. Екатеринославе (Днепропетровске), где для производства иода использовались водоросли Черного моря. В 1916 г. в Саки (Крым) был построен бромный завод, сырьевой базой которого явилось Сакское соляное озеро. Однако собственно иодо-бромная промышленность, основанная на широком использовании подземных вод, была создана при Советской власти.

Первый опытный иодный завод на базе использования подземных вод был построен в 1925 г. в районе Баку. В начале 30-х годов также на базе использования попутных вод нефтяных месторождений были введены в строй иодо-бромные предприятия в Нефтечале (Азербайджанская ССР) и на п-ове Челекен (Туркменская ССР). Специальных геологоразведочных и научно-исследовательских работ в довоенный период не проводилось. В период Великой Отечественной войны потребовалось существенное увеличение производства брома, что послужило толчком к развитию бромной промышленности в Прикамье на основе использования глубоких подземных хлоридных рассолов.

В настоящее время уровень производства иода и брома полностью не обеспечивает потребностей народного хозяйства, особенно с учетом необходимости экспорта продукции в социалистические страны. В связи с этим необходимо увеличение мощностей по производству иода и брома, что в свою очередь требует расширения и более полного использования минерально-сырьевой базы иодо-бромной промышленности.

Определение нижних пределов концентраций отдельных элементов в подземных водах при наименовании их по содержанию характерных

компонентов встречает затруднения. Так, если учитывать только величины концентраций элементов, обеспечивающих промышленную ценность подземных вод, то из поля зрения выпадают воды с меньшими концентрациями полезных компонентов, хотя эти воды можно экономически эффективно использовать в других гидрогеологических условиях или они могут в дальнейшем оказаться перспективными для промышленного использования по мере развития техники и технологии добычи и переработки подземных вод.

Общепризнанные критерии, определяющие концентрации тех или иных компонентов, которые следует считать минимально предельными при наименовании подземных вод и отнесении их к промышленным, отсутствуют. При решении этого вопроса целесообразно принимать во внимание кларковые содержания рассеянных элементов в земной коре, их концентрацию в морской воде и водах суши, а также предельные концентрации специфических компонентов в водах лечебного значения. В табл. 40 приведена классификация бромных, иодных, борных и других вод, разработанная Н. А. Плотниковым (1955, 1958), с учетом перечисленных выше соображений.

Таблица 40

Классификация бромных, иодных, борных и других вод (по Н. А. Плотникову)

Наименование вод	Минимальные концентрации	
	мг/л	%
Специфические по микрокомпонентному составу		
Броиные	25	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$
Иодные	1	$1 \cdot 10^{-4}$
Иодо-бромные	1 (I), 25 (Br)	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$ (I) $1 \cdot 10^{-4}$ (Br)
Борные	10	$1 \cdot 10^{-3}$
Иодо-бориые	1 (I), 10 (B)	$1 \cdot 10^{-4}$ (I), $1 \cdot 10^{-3}$ (B)
Радиевые	10^{-6}	$1 \cdot 10^{-12}$
Промышленные		
Бромные	250	$2{,}5 \cdot 10^{-2}$
Иодные	18	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$
Иодо-бромные	10 (I), 200 (Br)	$1 \cdot 10^{-3}$ (I), $2 \cdot 10^{-2}$ (Br)
Борные	250	$1{,}5 \cdot 10^{-2}$
Иодо-борные	10 (I), 75 (B)	$1 \cdot 10^{-3}$ (I), $7{,}5 \cdot 10^{-3}$ (B)
Радиевые	10^{-3}	$1 \cdot 10^{-9}$

Для некоторых типов подземных вод разработаны требования, определяющие минимальные концентрации полезных компонентов в водах промышленного значения. В табл. 41 приводятся такие требования, утвержденные Госхимкомитетом СССР в 1960 г. и принятые за основу при региональной оценке перспектив территории отдельных районов страны.

Указанные в табл. 41 требования обоснованы лишь с учетом результатов производства иода и брома на эксплуатируемых месторождениях и не учитывают всего разнообразия природных условий крупных бассейнов промышленных вод страны.

Обычно в подземных водах содержится несколько компонентов, определяющих их промышленную ценность, из них выделяют один или два основных, тогда как остальные имеют подчиненное значение. Рентабельность промышленного получения компонентов определяется не

Таблица 41

Требования к промышленным водам, содержащим бром, иод и бор

Назначение вод	Иода не менее, мг/л	Брома не менее, мг/л	Бора не менее, мг/л	Щелочность не более, мг-экв/л	Нафтеновых кислот не более, мг/л	Галоидопоглощаемость не более, мг/л	Нефти не более, мг/л
Извлечение только иода	18	—	—	30*** 90****	600	80	40
Извлечение только брома	—	250	—	10	600	80	40
Извлечение только иода и брома	10	200	—	10	600	80	40
Извлечение иода и брома	10	150	500* 200**	—	600	80	40

* В виде B_2O_3 для получения буры.
** В виде B_2O_3 для микроудобрений.
*** Для вод с температурой до 35° С.
**** Для вод с температурой более 35° С или при наличии бикарбонатных кальциевых вод, позволяющих за счет выделения карбоната кальция снизить щелочность до 35 мг-экв/л (или при возможном использовании других дешевых способов снижения щелочности).

только их концентрацией и составом подземных вод, но и другими условиями. Так, при большой глубине скважин, малом дебите их и глубоких динамических уровнях в процессе эксплуатации добыча и переработка подземных вод может оказаться экономически нецелесообразной. В то же время в благоприятных гидрогеологических условиях (небольшая глубина залегания подземных вод, высокие фильтрационные свойства пород, обеспечивающие большие дебиты скважин; небольшая глубина динамических уровней от поверхности и т. п.) может оказаться экономически эффективной эксплуатация подземных вод при наличии концентраций полезных компонентов, меньше указанных в табл. 41. На экономические показатели эксплуатации влияют также условия сброса отработанных вод.

Помимо этого при оценке перспектив использования промышленных вод необходимо учитывать народнохозяйственную потребность в полезных компонентах, соображения стратегического характера, а также возможности улучшения технико-экономических и технологических показателей по добыче и переработке подземных вод. Это касается в первую очередь увеличения количества извлекаемых компонентов, внедрения новых насосных установок в практику эксплуатации подземных вод, разработки новой технологии извлечения микроэлементов с использованием синтетических смол и т. п.

Исходя из вышеизложенного, к промышленным следует относить подземные воды, содержащие полезные компоненты или их соединения в количествах, обеспечивающих в пределах отдельных частей конкретных гидрогеологических районов рентабельную добычу и переработку этих подземных вод с получением приемлемых технико-экономических показателей. Учитывая большое разнообразие гидрогеологических условий различных районов СССР, для каждого из них предельные минимальные концентрации полезных компонентов следует устанавливать особо на основе технико-экономических расчетов кондиций.

Общие закономерности распространения, условия залегания, районирование и ресурсы подземных иодо-бромных вод

В настоящее время имеется весьма большой объем информации, характеризующей подземные иодо-бромные воды в отдельных районах и по стране в целом. Характеристике закономерностей распространения

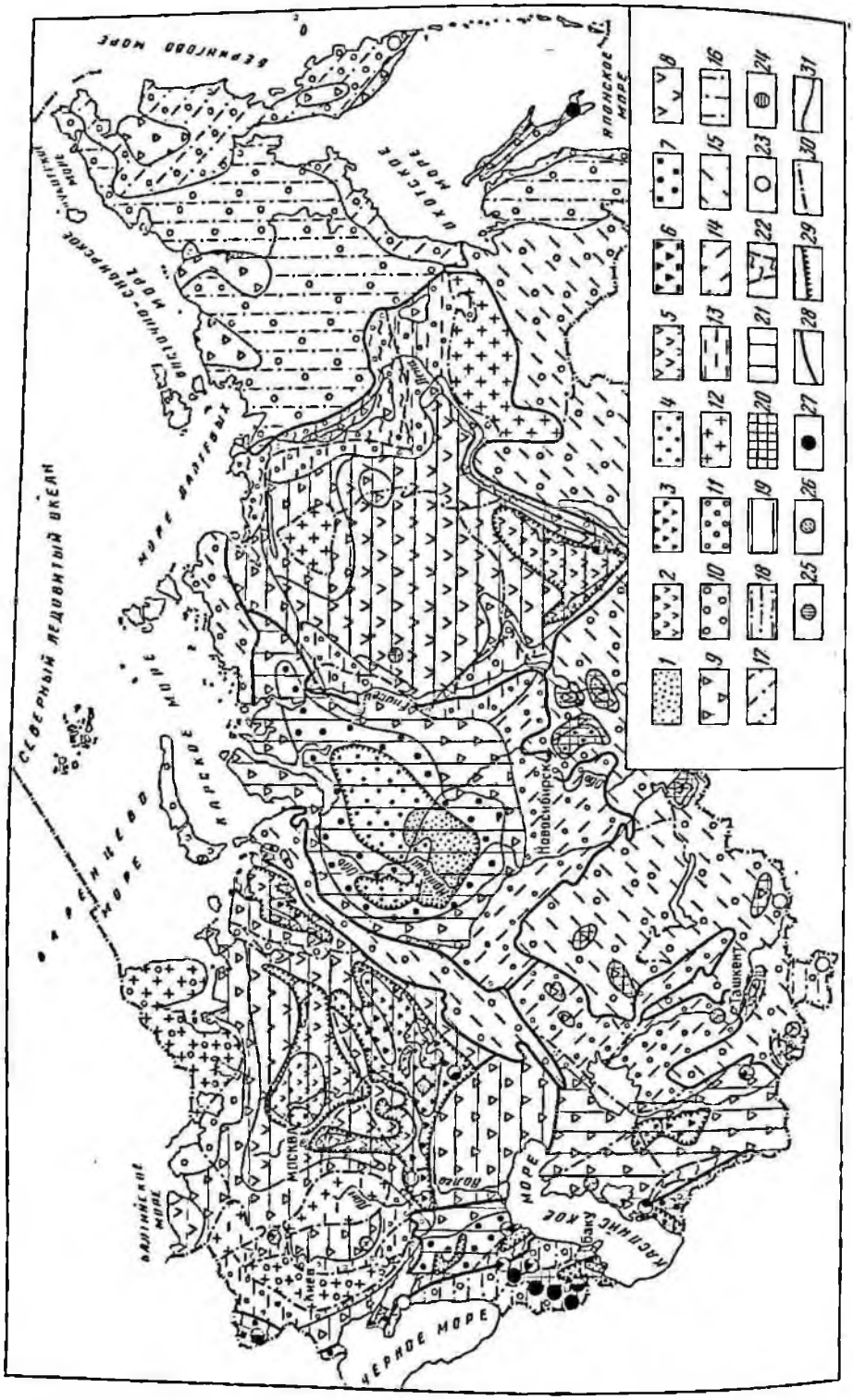
подземных иодо-бромных вод в различных районах СССР посвящены многочисленные работы: А. И. Силина-Бекчурина, М. П. Толстого, В. А. Кротовой, Т. П. Афанасьева, С. С. Бондаренко, Л. В. Славяновой, Г. В. Богомолова, В. А. Сулина, А. В. Щербакова, М. И. Зайдельсона, С. М. Кисельгоф, Н. И. Толстихина, И. К. Зайцева, Е. В. Пиннекера, Г. Я. Богданова, Н. А. Плотникова, О. Н. Толстихина, Е. А. Баскова, П. И. Трофимука, Г. П. Богомякова, В. А. Нуднера, Ф. П. Самсонова, Н. В. Мизинова, А. Г. Арье, Л. В. Боревского, В. М. Куканова, Г. И. Максимова, М. В. Фейгина, Е. Е. Керкиса, В. С. Котова, Ю. Б. Гиякса, Б. А. Бедера, А. И. Султанхаджеева и многих других.

В настоящей работе изложены только основные общие закономерности распространения и условия залегания подземных иодо-бромных вод, выявленных в процессе региональной оценки эксплуатационных ресурсов подземных промышленных вод с учетом проведенных исследований.

Характеристика ресурсов подземных иодо-бромных вод приводится применительно к общему гидрогеологическому районированию (см. гл. I). Однако в связи с рядом специфических отличий промышленных вод и особенностью формирования их месторождений в принятую схему районирования внесены некоторые дополнения и изменения. Основными элементами районирования подземных иодо-бромных вод, как и общего гидрогеологического районирования, являются крупные гидрогеологические области (платформенные артезианские и складчатые). Кроме того, для иодо-бромных вод целесообразно выделить их провинции, под которыми согласно Н. А. Плотникову понимаются гидрогеологические структуры, характеризующиеся общностью закономерностей распространения подземных иодо-бромных вод. В пределах отдельных частей таких провинций в связи с различными геолого-структурными условиями и гидрогеологическими особенностями процессы формирования ресурсов и химического состава подземных вод могут быть различными. В связи с этим в пределах провинций в одних районах могут наблюдаться сходные условия и закономерности распространения промышленных вод, в других — различные условия. Иными словами, подземные промышленные воды в пределах провинций могут не иметь (и в большинстве случаев не имеют) выдержанного распространения.

В некоторых крупных гидрогеологических областях промышленные воды в принятом нами понимании полностью отсутствуют, в связи с чем такие области не могут квалифицироваться как провинции промышленных подземных вод. В применении к иодо-бромным водам бесперспективными и малоперспективными являются, по имеющимся в настоящее время данным, области мезозойской складчатости Северо-Востока страны, каледонского и герцинского складчатого обрамления Западной и Восточной Сибири; ограниченное распространение (лишь в пределах межгорных впадин) имеют иодо-бромные воды в областях палеозойской складчатости в Средней Азии и Казахстане.

Различие отдельных провинций иодо-бромных вод связано: 1) с геологическим возрастом и тектоническим строением территорий, а также со стратиграфической приуроченностью вмещающих промышленные воды пород; 2) с особенностями литолого-фациального состава и условиями формирования толщ этих пород; 3) с характером (минерализацией, химическим составом) подземных вод; 4) с величинами концентраций в воде полезных компонентов и их сочетанием; 5) с условиями залегания и распространения промышленных вод. Необходимо подчеркнуть, что данные особенности определяют своеобразие методического подхода к оценке ресурсов и перспектив использования этих вод.


БЕРИНГОВО МОРЕ
ЯПОНСКОЕ МОРЕ
ОХОТСКОЕ МОРЕ
ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ
МОРЕ ДАЛЬНЕВЫХ
СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН
КАРСКОЕ МОРЕ
ВАРЕНЦЕВО МОРЕ
БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ
КАСПИЙСКОЕ МОРЕ
ЧЕРНОЕ МОРЕ
Новосибирск
Ташкент
Москва
Киев
Баку
Волга
Обь
Лена
Енисей
Ирпень
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

В пределах провинций имеются территории, выделяемые в качестве районов (в частном случае — бассейнов) промышленных вод. Каждый такой район характеризуется своими особенностями геологической истории развития и условий формирования подземных вод. В отдельных районах провинций собственно промышленные воды могут отсутствовать или иметь весьма ограниченное распространение.

Схема распространения и районирования подземных промышленных вод на территории СССР представлена в табл. 42, а также на рис. 5.

Из сопоставления данных табл. 42 с элементами общего гидрогеологического районирования видно, что, как и для термальных вод, платформенные районы Крыма и Предкавказья, относящиеся по общему районированию к Карпатской и Крымско-Кавказской гидрогеологической складчатой области, выделены в Скифскую платформенную область, а район Печорского артезианского бассейна рассматривается в Восточно-Европейской платформенной области. Кроме того, отдельные гидрогеологические складчатые области объединены по возрастному принципу.

Переходя к характеристике общих закономерностей распространения подземных иодо-бромных вод, следует отметить, что подземные иодо-бромные воды (в том числе промышленные) характеризуются широким региональным распространением в пределах провинций древних докембрийских платформенных областей (Русской и Восточно-Сибирской), а также провинций эпипалеозойских платформ (Западно-Сибирской, Туранской и Скифской); в провинциях складчатых гидрогеологических областей подземные иодо-бромные воды имеют сравнительно ограниченное распространение, они встречаются лишь в районах предгорных и межгорных впадин, выполненных разнообразными по литолого-фациальному составу и генетическим особенностям осадками. Дальнейший анализ этого материала позволяет выявить некоторые общие закономерности распространения иодо-бромных вод в отдельных районах провинций и существенные отличия этих закономерностей в разных провинциях.

Провинция подземных промышленных вод Русской платформы целиком входит в состав Восточно-Европейской артезианской области. Распространение подземных промышленных вод установлено в пределах бассейнов: Волго-Камского, Печорского, Московского, Балтийско-Польского, Днепровско-Донецкого, Причерноморского. В табл. 43 приводятся некоторые сведения, в общем виде характеризующие подземные иодо-бромные воды этих бассейнов.

Наиболее крупным районом распространения промышленных вод является Волго-Камский бассейн, в пределах которого площадь развития промышленных бромных рассолов достигает в нижнепермских отложениях около 0,5 млн. км², в каменноугольных от-

Рис. 5. Схематическая карта районирования, распространения и перспективности промышленных подземных вод СССР. Составил С. С. Бондаренко. *Районы весьма перспективные на подземные промышленные воды: 1* — иодные, *2* — бромные, *3* — иодо-бромные. Районы мыло перспективные в отношении на подземные промышленные воды, но на отдельных участках возможно наличие промышленных вод: *4* — иодных, *5* — бромных, *6* — иодо-бромных. Районы перспективные в отношении на подземные промышленные воды, но на отдельных участках возможно наличие промышленных вод: *7* — иодных, *8* — бромных, *9* — иодо-бромных. Районы неперспективные на подземные иодо-бромные воды: *10* — в пределах торио-складчатых гидрогеологических областей, *11* — в пределах платформенных гидрогеологических областей. *12* — в пределах кристаллических щитов докембрийских платформенных областей, *13* — в пределах осадочного чехла платформенных областей с докембрийским основанием, *14* — в пределах осадочного чехла платформенных областей с палеозойским складчатым основанием, *15* — в пределах горно-складчатых областей каледонской и герцинской складчатости, *16* — то же, мезозойской складчатости, *17* — то же, кайнозойской складчатости. *18* — то же, альпийской складчатости. Распространение подземных иодо-бромных вод: *19* — в пределах платформенных областей с докембрийским фундаментом, *20* — в пределах межгорных впадин горно-складчатых областей, *21* — в пределах палеозойских платформенных областей, *22* — в пределах предгорных прогибов. Участки распространения подземных вод с содержанием: *23—26* — редких элементов; *27* — брома. Границы: *28* — провинций подземных иодо-бромных вод; *29* — распространения подземных иодо-бромных вод промышленного значения; *30* — гидрогеологических районов первого порядка; *31* — районов с различной перспективностью

Таблица 42

Провинции и районы распределения подземных промышленных вод СССР

Крупные гидрогеологические платформенные артезианские и складчатые области	Районы (бассейны) и области распространения подземных промышленных вод
Провинции подземных промышленных вод древних (докембрийских) платформенных областей	
Восточно-Европейская платформенная артезианская область	
I. Провинция Русской платформы	Волго-Камский Печорский Московский Прибалтийский Днепровско-Донецкий Брестский Львовский Причерноморский Донецкий
II. Прикаспийская провинция	Каспийский
Восточно-Сибирская платформенная артезианская область	
III. Провинция Сибирской платформы	Ангаро-Ленский Якутский Тунгусский Хатангский
Провинции подземных промышленных вод эпипалеозойских платформенных областей	
Западно-Сибирская платформенная артезианская область	
IV. Провинция Западно-Сибирской плиты	Западно-Сибирский
Туранская платформенная артезианская область	
V. Провинция Туранской плиты	Устюртский Ассаке-Ауданский Северо-Устюртский Южно-Мангышлакский Бузачинский Амударьинский (Каракумский) Тургайский Сырдарьинский (Кызылкумский) Чу-Сарысуйский
Скифская платформенная артезианская область	
VI. Провинция Скифской плиты	Азово-Кубанский Восточно-Предкавказский Западно-Крымский
Провинции подземных промышленных вод гидрогеологических складчатых областей	
VII. Провинция гидрогеологических областей альпийской складчатости	Южно-Каспийский Западно-Туркменский Куринско-Апшеронский Карпатская область

Продолжение табл. 42

Крупные гидрогеологические платформенные артезианские и складчатые области	Районы (бассейны) и области распространения подземных промышленных вод
VIII. Провинция гидрогеологических областей герцинской (и более ранней) складчатости	Межгорные бассейны Ферганский Южно-Таджикский (Сурхандарьинский)
IX. Провинция гидрогеологических областей мезозойской складчатости	Не выявлено
X. Провинция гидрогеологических областей кайнозойской складчатости	Сахалинская складчатая область с межгорными бассейнами

Таблица 43

Характеристика подземных иодо-бромных вод в провинции Русской платформы

Район (бассейн)	Минерализация иодо-бромных вод, г/л	Концентрация, мг/л	
		иода	брома
Волго-Камский	150—300	10—20	500—2000
Печорский	120—260	5—20	600—900
Московский	50—270	2—19	250—1000
Балтийско-Польский	10—182	1—8	10—780
Днепровско-Донецкий	150—320	1—80	300—2500
Причерноморский	18—90	5—26	60—300

ложениях — примерно 1 млн. км² и в девонских отложениях — более 1 млн. км².

В целом иодо-бромные воды провинции Русской платформы преимущественно однотипны по химическому составу — хлоридные натриевые и хлоридные кальциево-натриевые рассолы. Последние выполняют крупные впадины докембрийского платформенного основания и характеризуются наиболее широким распространением в восточной части провинции на территории Волго-Камского артезианского бассейна. Подземные воды с промышленными концентрациями брома (реже иода) имеют минерализацию 100—320 г/л. Отмечается четкая зависимость концентраций брома от величины минерализации подземных вод. В глубоких частях крупных артезианских бассейнов имеет место одновременный рост концентраций брома и хлоридов кальция с глубиной, хотя колебания общей минерализации рассолов практически незначительные.

При наличии в разрезе осадочных отложений соленосных пород состав подземных вод изменяется. В частности, при выщелачивании этих пород формируются хлоридные натриевые воды и рассолы, концентрации иода и брома в них обычно ничтожны. В подсолевых отложениях часто распространены концентрированные рассолы хлоридного натриево-кальциевого (а также кальциево-магниевого) состава. В подсолевой карбонатной и терригенной толщах верхнего девона на большей части Прибалтийской впадины преобладают такие рассолы с минерализацией более 300—400 г/л. Концентрации брома в этих рассолах достигают 1000—5800 мг/л, а иода 80—155 мг/л, наряду с этим в рассолах Припятской

впадины установлено наличие калия (1000—2000 мг/л) и стронция (1000—1100 мг/л).

Относительно слабоминерализованные промышленные воды (18—90 г/л) распространены в меловых отложениях Причерноморского бассейна. Отличительной их чертой является обогащенность иодом (до 20—26 мг/л) при обычных для хлоридных-натриевых вод с такой минерализацией концентрациях брома (60—300 мг/л).

Как показала проведенная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод, в провинции Русской платформы формируются месторождения подземных промышленных вод, суммарные прогнозные ресурсы которых составляют около 44% от прогнозных ресурсов СССР. Из них около 30% от общих эксплуатационных ресурсов Советского Союза концентрируется в пределах Волго-Камского артезианского бассейна.

В провинции подземных промышленных вод Прикаспийской синеклизы в мощной толще песчано-глинистых меловых, юрских и триасовых отложений распространены воды различной минерализации, которая возрастает от северной и северо-восточной окраины к центральной части бассейна до 250—270 г/л, при этом имеет место четко выраженное увеличение минерализации в разрезе указанных отложений сверху вниз. Минерализованные воды и рассолы имеют преимущественно хлоридный натриевый состав; концентрация иода в них достигает 10—15 мг/л, а брома — до 350—400 г/л. По геохимическому облику эти воды не отличаются от подземных вод каменноугольных и девонских отложений прилегающих районов Волго-Камского бассейна.

В толще соленосных отложений нижней перми вскрыты «маточные» рассолы хлоридного магниевого состава (Челхарский купол) с содержанием брома до 15 г/л. Аналогичные рассолы могут быть распространены в толще соленосных отложений и других районов Прикаспийского бассейна. По-видимому, сходного состава рассолы приурочены и к надсолевым отложениям, пока еще не изученным в геологическом и гидрогеологическом отношении.

В пределах провинции Сибирской платформы (Восточно-Сибирская платформенная артезианская область, включающая территории Тунгусского, Ангаро-Ленского, Якутского и Хатангского артезианских бассейнов) выделяются подземные воды, содержащие повышенные концентрации иода и брома и приуроченные к двум основным толщам осадочного чехла: терригенно-карбонатным, карбонатным, часто соленосным отложениям верхнего протерозоя — девона и терригенным песчано-глинистым отложениям верхнего палеозоя — мезозоя. Водоносные комплексы верхнего мела — кайнозоя и кристаллических пород фундамента не содержат промышленных концентраций полезных компонентов и практического интереса с этой точки зрения не представляют.

В гидрогеологическом отношении территория Сибирской платформы изучена чрезвычайно слабо. Исключение составляют южная и в меньшей степени восточная части Ангаро-Ленского бассейна, а также верхняя часть разреза в центральных районах Вилюйской синеклизы Якутского артезианского бассейна.

В пределах Ангаро-Ленского бассейна в верхней, надсолеиосной части разреза, представленной отложениями до верхнего и среднего кембрия включительно, промышленных концентраций иода и брома не содержится.

Соленосная толща, представленная известняково-доломитовыми и галогенно-сульфатными отложениями нижнего кембрия, в целом играет роль регионально выдержанного водоупора. Но в самом водоупоре установлены концентрированные рассолы, приуроченные к прослоям трещиноватых доломитов. Минерализация их достигает 700 г/л, содержание

брома — 12,5 г/л, стронция — 8 г/л. По общим геологическим и гидрогеологическим предпосылкам запасы рассолов ограничены, поэтому вопрос о практическом использовании их пока остается открытым.

Наибольший интерес в отношении промышленных вод представляет нижний (подсолеиосный) комплекс, приуроченный к терригенным и терригенно-карбонатным формациям нижнего кембрия — позднего докембрия. В данном комплексе заключено несколько выдержанных рассолоносных горизонтов, связанных с песчаниками парфеновского, марковского, безымянного, боханского прослоев. Наиболее выдержан из них парфеновский горизонт. Рассолы подсолеиосного комплекса имеют минерализацию 320—440 г/л, хлоридный кальциевый, натриево-кальциевый или кальциево-натриевый состав. Среднее содержание брома — около 5 г/л, калия — около 5 г/л, присутствуют стронций (до 3 г/л), бор (27 мг/л), иод (5 мг/л), рубидий (10 мг/л).

В терригенных отложениях мезозоя — верхнего палеозоя Якутского артезианского бассейна встречены хлоридные натриевые воды с минерализацией 130 г/л и содержанием брома 100—110 мг/л и иода 5—8 мг/л. В крайних западной и юго-восточной окраинах этого бассейна в силурийских и ордовикских отложениях вскрыты воды с минерализацией до 90 г/л и концентрациями брома до 540 мг/л и иода до 1,5 мг/л. В отложениях верхнего и среднего кембрия обнаружены рассолы хлоридного магниево-натриево-кальциевого состава с содержанием брома 500—750 мг/л, но с ничтожными концентрациями иода. Наконец, в отложениях нижнего кембрия и верхнего протерозоя, опробованных только в Маркинской опорной скважине, встречены рассолы с содержанием брома до 7,9 г/л.

Наибольшими эксплуатационными ресурсами иодо-бромных вод на территории провинции Сибирской платформы характеризуется Ангаро-Ленский бассейн. Однако его эксплуатационные ресурсы составляют всего около 0,5% от общих ресурсов СССР.

В провинции Западно-Сибирской плиты выделяется два гидрогеологических этажа. Границей между ними служат почти повсеместно распространенные водоупорные отложения палеогеновых глин чеганской свиты. Тесная гидравлическая связь подземных вод верхнего гидрогеологического этажа с поверхностными обусловила значительное опреснение подземных вод и практически полное отсутствие в них промышленных элементов.

Нижний гидрогеологический этаж включает несколько водоносных комплексов, содержащих иодо-бромные воды. Характеристика этих горизонтов приведена при описании ресурсов термальных вод.

Распространение иода в подземных водах Западно-Сибирского бассейна подчиняется определенным закономерностям. Максимальные концентрации иода в подземных водах бассейна в целом несколько ниже этой величины в некоторых других нефтеносных районах СССР и зарубежных стран; она составляет 46 мг/л. Однако в основном для подземных вод бассейна концентрации иода обычно не превышают 30—35 мг/л.

Подземные воды палеозойско-юрского комплекса, исключая пресные и солоноватые, содержат иод в количествах от нескольких миллиграммов на литр до 43 мг/л. На большей части территории распространения комплекса отмечаются невысокие (10—15 мг/л) содержания. Содержание иода свыше 15 мг/л отмечается на севере Тюменско-Петропавловского района, в Тобольско-Уватском и Березовском районах, а также в северной части Приуральского района.

Распределение иодных вод в неокомском комплексе носит несколько отличный характер. Зона с содержанием иода выше 20 мг/л вытянута с юго-запада на северо-восток и охватывает Тобольско-Уватский и Сургутский районы. Для Тобольско-Уватского района характерно более равномерное распределение концетрации иода в подземных водах. Наивысшее содержание его здесь отмечено в пределах Уватской площади и составляет 33 мг/л. Наибольшим распространением пользуются воды, содержащие иод в количествах от 10 до 20 мг/л. Область их развития охватывает Березовский район, северо-западную часть Тобольско-Уватского района, северную половину Тюменско-Петропавловского и Омского районов и северо-восточную часть бассейна. Изменения концентрации иода в подземных водах апт-сеноманского комплекса подчиняются тем же закономерностям. При общем соответствии распределения иода в подземных водах апт-сеноманского и неокомского комплексов зона наивысших концентраций (более 15 мг/л) в апт-сеноманских водах несколько смещена по направлению движения относительно области, ограниченной изолинией 20 мг/л в нижележащем водоносном комплексе к западу. Она протягивается почти строго меридионально с севера на юг. Характерно, что южная часть зоны совпадает с развитием в неокомском комплексе вод, в которых концентрация иода превышает 20 мг/л. Концентрация его в подземных водах верхне-мелового водоносного комплекса по единичным данным не превышает 10 мг/л.

Помимо иода подземные воды Западно-Сибирского артезианского бассейна содержат бром и бор.

Распределение брома в подземных водах бассейна изменяется пропорционально их минерализации как по площади, так и с глубиной. Наиболее высокие концентрации его (до 150 мг/л) зафиксированы в водах палеозойско-юрского водоносного комплекса.

В пределах провинции Западно-Сибирской платформенной плиты эксплуатационные ресурсы промышленных иодо-бромных вод составляют более 20% от общих ресурсов территорий СССР.

В пределах провинции Скифской плиты промышленные воды установлены в разрезе от юрских до понт-мэотических отложений включительно. Для отложений мезо-кайнозоя содержание иода, брома и бора колеблется в одних и тех же пределах — в среднем иода до 30—50 мг/л, брома до 100 мг/л в кайнозойских и до 300—400 мг/л в мезозойских водоносных комплексах и борного ангидрита до 400 мг/л. Количество калия достигает максимума (2000—2200 мг/л) в подземных водах палеогена, затем уменьшается до 1500 мг/л вниз по разрезу и до 100—130 мг/л — вверх. Количество стронция постепенно сокращается вверх по разрезу от 700—800 мг/л в юре до 100 и даже 20 мг/л в понт-мэотисе. Для брома четко отмечается рост концентрации при увеличении минерализации воды. Только в отдельных районах содержание брома увеличивается непропорционально и образует как бы аномальные участки. Это районы площадей Крайновки и Червленной, где установлено распространение промышленных иодо-бромных вод в караганском и сарматском водоносных комплексах.

Четких взаимосвязей концентрации иода с изменением минерализации подземных вод не обнаруживается, хотя наибольшие количества его наблюдаются в водах с минерализацией 25—50 г/л. По периферийным частям районов постседиментационного режима, где наблюдаются затрудненные условия дренажа подземных вод, даже на небольших глубинах сохраняется высокая концентрация иода (район скв. 1 оп., Ипатово, Славянско-Троицкое месторождение иодных вод).

Прогнозные эксплуатационные ресурсы промышленных иодо-бромных вод на территории Скифской платформенной области составляют около 4% от общих ресурсов по стране.

В пределах Туранской плиты (Тургайский, Чу-Сарысуйский и Сырдарьинский артезианские бассейны) развиты в основном подземные воды с пониженной минерализацией — от пресных до солоноватых и горько-соленых. Концентрации иода и брома в этих водах незначительны и промышленного интереса не представляют. В Устюртской системе бассейнов (Северо-Устюртский, Бузачинский) в верхней, надпалеогеновой части разреза также развиты подземные воды с пониженной минерализацией и незначительными концентрациями иода и брома. В нижней, подпалеогеновой части разреза в отложениях верхнего мела, неокома, апта, юры и пермо-триаса минерализация подземных вод возрастает до нескольких сотен граммов на литр, а по составу они хлоридные натриевые. Концентрации иода в этих водах обычно не превышают 15—20 мг/л, максимальные их значения зафиксированы в водоносных комплексах юры (до 35 мг/л) и пермо-триаса (до 26 мг/л). К водам этих же отложений приурочены и максимальные концентрации брома (соответственно до 645 и 409 мг/л).

Подземные воды Южно-Мангышлакского и Ассаке-Ауданского бассейнов изучены слабо. В разрезе осадочной толщи выделяется два гидрогеологических этажа, разделенных водоупорной толщей верхнепалеогеновых глин. Нижний, подпалеогеновый гидрогеологический этаж содержит напорные хлоридные натриевые воды с минерализацией от 20 до 170 г/л и концентрациями иода 1—13 мг/л и брома 30—420 мг/л.

В целом из-за весьма слабой изученности в настоящее время трудно судить о перспективах бассейнов на промышленные подземные воды. На севере залива Кара-Богаз-Гол подземные воды в отложениях верхней юры с несколько повышенными концентрациями иода и брома залегают на больших глубинах (2500 м). Поэтому пока в пределах бассейна выделяются лишь районы распространения непромышленных подземных вод.

В пределах Амударьинского бассейна в турон-сеноманских, альбских и неоком-аптских отложениях минерализация подземных вод возрастает в западном и северо-западном направлениях до 200 г/л, в этих же направлениях увеличиваются концентрации брома от 100 до 400 мг/л (Курганчикская и Нурумгурская площади) и иода до 26—38 мг/л.

Для гидрогеологических складчатых областей характерна приуроченность подземных промышленных иодо-бромных вод к толщам осадочных отложений в пределах межгорных и предгорных впадин. Вне этих впадин массивы, сложенные в различной степени метаморфизованными и собранными в складки горными породами, насыщены преимущественно пресными (в зонах дизъюнктивных нарушений иногда минеральными и термальными) водами и бесперспективны для поисков промышленных иодо-бромных вод. Не всегда перспективны в этом отношении и подземные воды межгорных артезианских бассейнов. Характеристика промышленных иодо-бромных вод горно-складчатых областей приводится в соответствии с выделенными в табл. 42 районами их распространения. Следует отметить, что в пределах гидрогеологических областей мезозойской складчатости таких районов пока не выявлено.

В пределах провинции гидрогеологических областей альпийской складчатости наличие промышленных иодо-бромных вод установлено в Южно-Каспийском бассейне, включающем Западно-Туркменский бассейн и Прикуринско-Апшеронский район, а также в пределах артезианского бассейна Предкарпатского прогиба.

В Западно-Туркменском артезианском бассейне наиболее водообилен повсеместно распространенный водоносный комплекс отложений красноцветной толщи, представленной переслаивающимися песками, алевролитами, алевритами, песчаниками, глинами и глинистыми сланцами суммарной мощностью 1000—3000 м.

Верхнекрасноцветный водоносный комплекс, являющийся основным продуктивным в пределах Западно-Туркменского бассейна, залегает на глубинах от 400—1000 м на востоке до 2000—3000 м и более на западе и в погруженных участках впадины. Суммарная эффективная его мощность увеличивается от периферии к центру впадины от 80—300 до 800—1000 м при соответственном изменении общей мощности от 200 до 1700 м. Водопроводимость пород комплекса соответственно изменяется от 20—50 до 100—150 м²/сут; коэффициенты фильтрации водовмещающих пород — от 0,2 до 0,4 м/сут при преобладающих значениях 0,20—0,25 м/сут (вязкость воды в пластовых условиях 0,40—0,78 сП, плотность от 1,0 до 1,2 г/см³, температура воды 30—80° С).

Дебиты скважин при вскрытии водоносного комплекса составляют от 200 до 3000 м³/сут, достигая в отдельных случаях 5000—8000 м³/сут. Начальные пластовые давления на 10—50% превышают условные гидростатические и уменьшаются от (300—350) 10^5 Па в центральной части впадины до (30—40)·10^5 Па в краевых ее частях. В этом же направлении падают избыточные напоры над поверхностью земли от 400—550 до 10—20 м. Разгрузка подземных вод происходит на локальных поднятиях Прибалханской зоны в местах неглубокого залегания красноцветной толщи или выходов ее на поверхность; источники в местах разгрузки имеют устойчивые дебиты от 50 до 750 м³/сут, суммарный дебит разгрузки достигает 15 000 м³/сут.

Подземные воды верхнекрасноцветного водоносного комплекса имеют преимущественно хлоридный натриевый состав. На преобладающей части территории бассейна распространены воды с минерализацией 90—140 г/л, реже 30—90 г/л, практически бессульфатные, с содержанием хлоридов кальция до 12—15% экв. В краевой северо-восточной части бассейна (восточная группа поднятий Прибалханской зоны, Челекен, Гограньдаг-Карадашлинская группа поднятий) развиты высокоминерализованные (150—300 г/л) воды с повышенным содержанием кальция (до 16—24% экв.).

Содержание иода в подземных водах комплекса изменяется от 20 до 74 мг/л, брома от 140 до 592 мг/л, бора от 20 до 264 мг/л. Наибольшие содержания иода при средних значениях 30—35 мг/л наблюдаются в северо-восточной части Прибалханья, при этом выделяются участки с концентрациями 45—74 мг/л (Монжуклы, Кум-Даг). Максимальные концентрации брома (350—500 мг/л) установлены в наиболее минерализованных водах Восточного Прибалханья. В западной части этой зоны (Барса-Гельмес, Котур-Тепе, Челекен) содержание брома не превышает 200—300 мг/л. В южной части впадины концентрация брома изменяется от 200 до 320 мг/л.

Из других микроэлементов в подземных водах верхнего отдела красноцветной толщи обнаружены стронций (400—863 мг/л), калий (440—1275 мг/л), барий (1,8—8,5 мг/л).

Нижнекрасноцветный водоносный комплекс залегает на глубинах от 1000—3000 м в пределах структурных поднятий до 3000—4500 м в пределах прогибов. Суммарная эффективная мощность его изменяется от 40—100 м на периферии до 200—350 м в центре впадины при соответственном изменении общей мощности от 200—500 до 800—1300 м. Водопроводимость пород комплекса колеблется от 10 до 40—50 м²/сут, составлял в среднем 20—25 м²/сут. В соответствии с этим водообильность

данного комплекса значительно ниже, чем верхнекрасноцветного. Откры-тые очаги разгрузки подземных вод нижнекрасноцветных отложений не зафиксированы.

Подземные воды нижнекрасноцветного водоносного комплекса ха-рактеризуются большей пестротой химического состава и в целом мень-шей минерализацией по сравнению с верхнекрасноцветным комплексом. Наиболее высокоминерализованные воды (50—200 г/л) также приуро-чены к восточным структурам Прибалханской зоны и Гограньдаг-Кара-дашлинской группе складок; в западной и южной частях бассейна разви-ты наименее минерализованные (10—50 г/л) воды хлоридного натрие-вого состава с повышенным (до 5—9% экв) содержанием гидрокарбона-тов. Содержание иода в воде колеблется от 19 до 49 мг/л при наиболее часто встречающихся значениях 25—35 мг/л; бром содержится в коли-честве 23—200 мг/л.

Нижний гидрогеологический этаж Западно-Туркменского бассейна включает водоносные и водоупорные комплексы меловых и юрских отло-жений, сведения о которых по впадине практически отсутствуют. Еди-ничными скважинами в прибортовой зоне вскрыты маломинерализован-ные (2—10 г/л) воды в отложениях неокома и напорные термальные воды с минерализацией 17—60 г/л и содержанием иода 40—65 мг/л в от-ложениях сеномана.

На большей части территории складчатой зоны Копет-Дага (Цент-ральный и Восточный Копет-Даг) подземные воды приурочены преиму-щественно к зонам трещиноватости нижнемеловых отложений и водонос-ным горизонтам в отложениях турон-дата, палеогена, неогена и четвер-тичных. Эти воды имеют невысокую минерализацию (от 0,5 до 5—10 г/л, редко до 25 г/л) и характеризуются ничтожными концентрациями иода и брома, максимальные значения этих элементов составляют соответ-ственно 8 и 22 мг/л. В Западном Копет-Даге в мезозойских отложениях установлено распространение подземных вод, представляющих сущест-венный интерес с точки зрения наличия микроэлементов. В частности, в глинисто-мергелистых отложениях турон-сенон-дата на фоне распро-странения вод с минерализацией 0,6—10 г/л (содержание иода до 4 мг/л и брома до 14 мг/л) в районах Терсаканской и Сеит-Кардерийской ан-тиклиналей встречены воды хлоридного натриевого состава с минерали-зацией 21 г/л и концентрацией иода от 32 до 262 мг/л. По мнению не-которых исследователей (С. Д. Кузнецов, Л. Г. Борзасекова), к нижнеме-ловым отложениям приурочены воды с концентрацией иода более 40 мг/л.

Куринско-Апшеронский район (кавказская часть Южно-Каспийской впадины) является одним из перспективных с точки зрения масштабов распространения и практического использования подземных иодо-бром-ных вод, изучение которых было начато здесь в 1924 г.

По структурным и гидрогеологическим условиям рассматриваемая часть Южно-Каспийского бассейна подразделяется на три основных района: Апшеронский, Кобыстанский и Прикуринский. В этих районах подземные иодо-бромные воды вскрыты скважинами в отложениях сред-него подъяруса апшеронского яруса и продуктивной толщи. При этом ниже подъяруса апшеронского яруса и продуктивной толщи воды подземные воды среднего подъяруса апшерона охарактеризованы под-робно только в пределах Прикуринского района, где они вскрываются скважинами на глубинах 600—1200 м.

Подземные воды среднеапшеронских отложений относятся к хло-ридным натриевым и хлоридным кальциево-натриевым, минерализация их разнообразна — от 20 до 60 г/л (иногда до 120 г/л). Содержание иода изменяется от 30 до 50 мг/л, брома — от 40 до 220 мг/л. В пределах Нефтечалинской структуры в среднеапшеронских отложениях отмеча-

ется тенденция к увеличению минерализации подземных вод с глубиной от 44 до 100 г/л, при этом концентрации иода возрастают от 33 до 50 мг/л, а брома от 92 до 190 мг/л. Аналогичное изменение минерализации подземных вод наблюдается также на Хиллинской структуре.

Мощность продуктивной толщи, представленной переслаиванием песчаных и глинистых отложений, достигает 3000 м и более. Водопроводимость водоносных пород верхнего отдела продуктивной толщи изменяется от 20 до 80 м²/сут, пористость песчаных пластов равна в среднем 0,2, а коэффициент фильтрации этих пород колеблется от 0,28 до 0,65 м/сут.

Подземные воды продуктивной толщи (верхний отдел) характеризуются некоторым разнообразием, что объясняется отличиями в геологическом строении и условиях залегания водоносных отложений в различных районах Азербайджанской ССР. В Прикуринском районе минерализация подземных вод изменяется от 20 до 200 г/л, концентрация иода — от 20 до 50 мг/л и брома — от 60 до 340 мг/л. Глубины залегания продуктивной толщи здесь равны 1000—2500 м. В Кобыстанском районе распространены несколько менее минерализованные воды (10—100 г/л), содержащие иод в количестве 15—40 мг/л, бром — не более 200 мг/л. Глубины залегания продуктивной толщи аналогичны указанным выше. Наряду с этим в Кобыстане не отмечается четких закономерностей изменения минерализации и состава подземных вод с глубиной и по простиранию пород, как это имеет место в Прикуринском районе, где данные закономерности проявляются в уменьшении минерализации и концентраций брома с глубиной; Ю. Б. Гинис отмечает также снижение в этом направлении концентраций иода на ряде структур (Нефтечала, Хиллы, Бабазанан), а также увеличение щелочности подземных вод. На Апшеронском полуострове минерализация подземных вод верхнего отдела продуктивной толщи колеблется от 20 до 150 г/л, а концентрация иода и брома соответственно от 10—20 до 30 мг/л и от 30—40 до 240 мг/л. В водах присутствуют бор в количестве от 75 до 275 мг/л, калий — от 350 до 1200 мг/л.

Изучение и оценка прогнозных эксплуатационных запасов промышленных иодо-бромных вод Азербайджанской ССР подтвердили выводы М. П. Толстого и Ю. Б. Гинис о перспективности районов Прикуринской впадины и Апшеронского полуострова.

В целом Южно-Каспийский артезианский бассейн, расположенный на территории Туркменской ССР и Азербайджанской ССР, характеризуется значительными эксплуатационными ресурсами подземных вод, превышающими 25% от выявленных ресурсов территории СССР.

В пределах Предкарпатского артезианского бассейна подземные воды, содержащие повышенные концентрации иода и брома, заключены в трех водоносных комплексах: нижнесарматском, верхнемеловом и нижнеюрском. Вследствие ограниченных запасов подземных иодо-бромных вод и низкой водообильности пород ни один из перечисленных водоносных комплексов, по имеющимся в настоящее время данным, не может рассматриваться как гидроминеральная сырьевая база для иодобромного производства.

В провинции гидрогеологических областей палеозойской (герцинской и каледонской) складчатости, охватывающих значительную часть территории страны, распространение подземных иодо-бромных вод весьма ограничено и связано главным образом с крупными межгорными впадинами: Ферганской и Сурхандарьинской.

В Ферганском артезианском бассейне большее число водоносных комплексов опробовано в прибортовой части бассейна, в областях питания, в центральной части бассейна опробованы лишь водоносные ком-

плексы в четвертичных и неогеновых отложениях до глубины 3—5 км.

Наиболее молодыми породами, содержащими подземные воды с заметным количеством иода и брома, являются породы неогенового водоносного комплекса массагетской серии. Мощность их равна 3—3,5 км. Подземные воды приурочены к песчаникам в окраинных частях бассейна, замещаемых в центральных районах глинами и алевролитами. Эти воды вскрыты скважинами на глубинах от 600—800 до 2500—3000 м. Минерализация вод, характеризующихся хлоридным кальциево-натриевым составом, колеблется в зависимости от глубины их вскрытия от 40 до 110 г/л, содержание иода достигает 20—35 мг/л, а брома — 50 мг/л.

Слабая изученность бассейна в глубокой его части не позволяет однозначно решить вопрос о количестве запасов подземных иодо-бромных вод и возможности их промышленного использования.

В Сурхандарьинском артезианском бассейне Л. С. Балашовым (1960) выделено пять водоносных комплексов, которые имеют сплошное распространение и повсеместно заключают напорные воды, общие сведения о которых приводятся в табл. 44.

Таблица 44

Характеристика подземных иодо-бромных вод Сурхандарьинского артезианского бассейна

Водоносный комплекс	Глубина залегания, м	Минерализация воды, г/л	Концентрация, мг/л	
			иода	брома
Алайский	500—2000	8—40	до 30	до 95
Сенон-палеоценовый		38—146	7—29	240—850
Альб-сеноман-туронский		20—190	4—20	200—490

Залегающие ниже водоносные комплексы изучены значительно слабее. Источники, связанные с меловыми отложениями, редки и малодебитны. По мнению Л. С. Балашова (1960), эти отложения как коллекторы подземных вод существенного значения не имеют. Химический состав подземных вод юрских отложений изучен лишь на площадях Андыген и Гаурдак. Минерализация подземных вод оказалась равной в первом случае 20—38 г/л, во втором 180—320 г/л. Содержание иода в водах относительно небольшой минерализации составляет 1—3 мг/л, брома 38—67 мг/л; с увеличением минерализации концентрация этих элементов возрастает: иода до 8,4 мг/л, брома до 485 мг/л.

В целом подземные воды Сурхандарьинского артезианского бассейна характеризуются значительными концентрациями иода, брома и бора. Тем не менее изученность водообильности пород весьма слабая, а имеющиеся сведения о ней весьма разноречивы. Оценить эксплуатационные ресурсы подземных иодо-бромных вод этого раойна не представляется возможным.

В пределах провинции гидрогеологических областей кайнозойской складчатости распространение подземных иодо-бромных вод установлено лишь в артезианских бассейнах о. Сахалина. Известно также, что на базе подземных вод кайнозойских артезианских бассейнов в Японии интенсивно развивается промышленная добыча иода, концентрации которого в пластовых водах превышают в некоторых случаях 100 мг/л.

В Северо-Сахалинском бассейне подземные воды неогеновых отложений характеризуются сравнительно низкой минерализацией (10—

60 г/л) и преимущественно хлоридным натриевым, реже гидрокарбонатно-хлоридным натриевым составом. Концентрации иода в этих водах изменяются в широких пределах — от единиц до 80—104 мг/л. Наряду с иодом в водах обнаружены бром в количестве от 1 до 150 мг/л, бор — от 1 до 120 мг/л.

В Татарском артезианском бассейне к плиоценовым отложениям приурочены воды преимущественно с минерализацией 17—18 г/л, содержанием иода до 19 мг/л, брома до 70 мг/л и бора до 88 мг/л. Водоносный комплекс миоценовых отложений характеризуется слабой водообильностью и по немногочисленным данным заключает хлоридные и гидрокарбонатно-хлоридные воды со сравнительно невысокой минерализацией (до 8—17 г/л), концентрациями иода 4—8 мг/л, брома 12—15 мг/л и бора до 90 мг/л. В зонах интенсивной трещиноватости пород развиты пресные и слабоминерализованные воды. В палеогеновых и меловых отложениях подземные воды изучены слабо, имеют хлоридный натриевый состав, характеризуются повышенной минерализацией (12—30 г/л), концентрации иода в отдельных случаях достигают 40 мг/л, а содержания брома равны 6—15 мг/л. Породы комплекса, представленные песчаниками, алевролитами, аргиллитами с прослоями галечников, обладают весьма низкими фильтрационными свойствами, что предопределяет бесперспективность использования приуроченных к ним подземных вод в целях промышленного извлечения иода и брома.

Бассейн Лютогской впадины изучен недостаточно. Подземные иодо-бромные воды вскрыты здесь в отложениях невельской свиты, характеризующихся в целом слабой водопроницаемостью и невысокой водообильностью. К этим отложениям приурочены подземные воды хлоридного натриевого типа с повышенным содержанием гидрокарбонатов, минерализация вод в большинстве случаев равна 10—20 г/л, концентрации иода колеблются от 10 до 60 мг/л, а содержание брома от 10 до 100 мг/л. В настоящее время для оценки перспектив использования этих вод в пределах бассейна проводятся специальные поисково-разведочные работы.

Имеются сведения о наличии подземных иодо-бромных вод в других районах о. Сахалина. Например, в Пограничном бассейне, приуроченном к альпийскому грабену на восточном побережье острова, в отложениях борской свиты миоцена вскрыты хлоридные натриевые минерализованные (15—20 г/л) воды с концентрациями иода до 70—100 мг/л. Не исключена возможность наличия иодо-бромных вод в меловых отложениях весьма слабо изученного Поронайского артезианского бассейна.

Таким образом, в глубоких водоносных горизонтах артезианских бассейнов о. Сахалина широко распространены воды с высокими концентрациями иода и некоторых других компонентов. Однако их промышленная ценность в настоящее время не может быть установлена из-за слабой изученности водовмещающих пород.

* * *

Краткий обзор распространения подземных иодо-бромных вод на территории СССР подтверждает многообразие условий их залегания в пределах отдельных гидрогеологических районов. Вместе с тем распространение иодо-бромных вод подчиняется некоторым общим закономерностям.

Для крупных артезианских бассейнов древних платформенных областей характерной общей закономерностью является рост минерализации подземных вод по мере увеличения глубин залегания водоносных горизонтов. В пределах одного и того же бассейна содержание брома, стронция и некоторых других компонентов увеличивается в основном

параллельно росту минерализации подземных вод и пропорционально содержанию хлоридов кальция. Максимальные концентрации брома, стронция, калия установлены в пределах бассейнов, характеризующихся наличием соленосных формаций. Для этих районов свойственно широкое развитие в основном бромных, реже иодо-бромных минерализованных вод и рассолов, в некоторых случаях в этих водах в значительных количествах обнаруживается стронций, цезий, калий, рубидий.

В более молодых эпигерцинских платформенных и горно-складчатых областях часто распространены сравнительно слабоминерализованные воды. В некоторых случаях отмечается снижение минерализации вод с глубиной или чередование в разрезе пород высокой и пониженной минерализации, что увязывается обычно с особенностями залегания и условиями движения подземных вод в различных водоносных комплексах и горизонтах. В таких областях преимущественно распространены иодные и иодо-бромные воды; бороносные воды встречаются чаще всего в пределах альпийской складчатой области. В районах современного вулканизма обнаружены воды с высоким содержанием мышьяка, цезия, фтора, кремния и некоторых других специфических компонентов.

Дальнейший анализ показывает, что в отдельных районах закономерности распространения промышленных вод и изменения в них концентраций иода и брома, а также ряда других полезных компонентов имеют весьма устойчивый характер, что позволяет учитывать эти закономерности в качестве основы при поисках и оценке перспектив использования подземных промышленных вод.

Как следует из приведенных данных, наибольшие эксплуатационные ресурсы подземных иодо-бромных вод сконцентрированы на территории Российской Федерации (около 70%), Туркменской ССР (около 16%) и Азербайджанской ССР (около 12,5%). В ГКЗ СССР в настоящее время утверждено около 10% от выявленных эксплуатационных ресурсов, а современное использование составляет около 18%. Таким образом, имеются значительные перспективы прироста эксплуатационных ресурсов и увеличения использования промышленных иодо-бромных вод.

Глава V

О ВЗАИМОСВЯЗИ РЕСУРСОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ВЛИЯНИИ ИХ ОТБОРА НА РЕСУРСЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

В предыдущих главах была приведена характеристика ресурсов различных типов подземных вод: пресных и солоноватых, используемых для водоснабжения и орошения, минеральных, термальных и промышленных. Однако такое подразделение подземных вод на типы, основанное на характере их использования, несомненно, является несколько формальным, «ведомственным», так как независимо от области применения все подземные воды являются в какой-то степени взаимосвязанными, представляя собой подземную часть общей гидросферы. Более того одна и та же подземная вода может быть одновременно термальной и минеральной, термальной и промышленной, поэтому более правильно не разграничивать ресурсы некоторых типов подземных вод, а стремиться к их комплексному использованию. Кроме того, подземные воды являются частью гидросферы и их отбор оказывает определенное влияние на ресурсы поверхностных вод, с которыми подземные воды имеют непосредственную гидравлическую связь. В связи с этим вопросы взаимосвязи ресурсов различных типов подземных вод, как и оценка влияния их отбора на ресурсы поверхностных вод, имеют важное научное и практическое значение.

Рассмотрим сначала вопросы взаимосвязи различных типов подземных вод.

Прежде всего следует остановиться на возможном взаимовлиянии пресных вод, с одной стороны, и солоноватых и соленых — с другой. Необходимость рассмотрения этого вопроса определяется тем, что солоноватые и соленые воды могут быть использованы только после их опреснения. В принципе при принятой методике оценки эксплуатационных ресурсов подземных вод, предполагающей их площадное использование, совместная одновременная эксплуатация пресных, солоноватых и соленых вод не должна приводить к их смешению, так как эксплуатационные ресурсы каждого типа обеспечиваются их собственными естественными запасами и ресурсами. Поэтому при оценке общих перспектив использования пресных, солоноватых и соленых (после опреснения) подземных вод приведенные в гл. III эксплуатационные ресурсы можно суммировать. Однако необходимо отметить, что в реальных условиях водозаборы будут вводиться в действие постепенно, причем в первую очередь будут использоваться имеющиеся ресурсы пресных подземных вод. В связи с этим в районах со сложными гидрохимическими условиями, где пресные воды в плане или разрезе контактируют с солоноватыми и солеными, при решении вопросов водоснабжения конкретных объектов следует в каждом случае составлять прогнозы возможного изменения качества подземных вод и на основе такого прогнозирования устанавливать оптимальную величину их отбора.

Переходя к характеристике возможного взаимного влияния ресурсов пресных и минеральных подземных вод, прежде всего следует отме-

тить несоизмеримость масштабов использования минеральных вод по сравнению с пресными. Наибольшие дебиты водозаборов с минеральными водами составляют несколько тысяч кубических метров в сутки. В связи с этим отбор минеральных вод сколько-нибудь заметного влияния на ресурсы пресных подземных вод оказать не может. Эксплуатационные ресурсы минеральных вод в большинстве случаев также не зависят от отбора пресных подземных вод. Наоборот, в ряде случаев, когда минеральные напорные воды разгружаются в вышележащие горизонты с грунтовыми водами, отбор пресных вод улучшает условия эксплуатации минеральных, препятствуя подтоку пресных вод при снижении уровня минеральных. В артезианских бассейнах платформенного типа водоносные горизонты с минеральными водами, как правило, расположены на значительных глубинах и отделены от оцениваемых горизонтов пресных вод выдержанными практически водоупорными толщами. Кроме того, следует учитывать, что динамические уровни в скважинах, эксплуатирующих минеральные воды, обычно находятся выше уровней в скважинах, вскрывающих пресные воды вышележащих горизонтов.

Тем не менее в отдельных случаях и минеральные, и пресные воды могут быть найдены на различных участках в пределах одного и того же водоносного комплекса. В этих случаях отбор пресных подземных вод может существенно сказаться на условиях эксплуатации минеральных вод и ресурсах последних, приводя к дополнительной срезке уровня, что в свою очередь может повлечь за собой приток вод некондиционного состава. В таких случаях (примером может служить известный курорт Кемери в Латвийской ССР) необходимо проводить оценку эксплуатационных ресурсов пресных и минеральных вод с учетом их взаимодействия.

Эксплуатация месторождений промышленных и термальных вод, приуроченных к артезианским бассейнам платформенного типа, а в ряде случаев и к бассейнам межгорных впадин, также не может оказать существенного влияния на ресурсы подземных пресных вод. Водоносные горизонты с термальными и промышленными водами залегают на больших глубинах (до 2,5—3 км), отделены от вышележащих горизонтов мощной толщей практически непроницаемых пород, а их эксплуатационные ресурсы полностью формируются за счет сработки упругих запасов. Даже если предположить возможное перетекание из вышележащих отложений через разделяющие толщи и учитывать, что уровни промышленных подземных вод будут расположены на глубине 600—700 м, то и в этом случае возможное перетекание будет составлять доли процента от упругих запасов.

Для ряда месторождений термальных вод, приуроченных к небольшим артезианским бассейнам межгорных впадин, одним из основных источников формирования эксплуатационных ресурсов являются естественные ресурсы горизонтов, к которым приурочены термальные воды. Однако и в этом случае можно не рассматривать влияния отбора термальных вод на ресурсы пресных, и наоборот, так как при оценке эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод учитывались (и то не полностью) только естественные ресурсы оцениваемых водоносных горизонтов. Кроме того, сами эксплуатационные ресурсы термальных вод несоизмеримы с ресурсами пресных. Не следует также опасаться возможного внедрения более холодных вод со стороны области питания при эксплуатации водозаборов с термальными водами. Как было показано И. И. Крашиным, на основе расчетов эксплуатационных ресурсов Терско-Сунженской депрессии на УСМ-1 за 60 лет эксплуатации холодная вода из области питания продвинется всего на 5 км, а изменения температуры в этой полосе не превысят 1—1,5° С.

Таким образом, из всего вышеизложенного следует, что при перспективных региональных оценках ресурсы пресных подземных вод можно рассматривать без учета взаимовлияния с ресурсами минеральных, термальных и промышленных вод, за исключением некоторых случаев возможного взаимодействия водозаборов с пресными и минеральными водами.

Как отмечено выше, во многих случаях подземные воды одновременно являются минеральными и термальными или промышленными и термальными, в связи с чем следует оценивать не взаимовлияние этих типов подземных вод, а возможности их комплексного использования. Так, в тех условиях, когда подземные воды могут быть отнесены к минеральным и когда они обладают повышенной температурой, то их можно одновременно использовать и в лечебных целях и для горячего водоснабжения и теплофикации (отопления зданий или теплично-парниковых хозяйств). Примером такого комплексного использования является эксплуатация Махачкалинского месторождения, где термальные воды применяются для розлива, отопления зданий и горячего водоснабжения, а также для отопления тепличко-парникового хозяйства. Проведенная Б. Ф. Мавринским и Л. Ф. Полуботко (1970) геолого-экономическая оценка этого месторождения показала значительную эффективность такого комплекса использования термо-минеральных вод.

Сопоставление результатов оценки эксплуатационных ресурсов термальных и промышленных вод показывает, что в подавляющем большинстве случаев промышленные воды являются термальными. Так как при оценке эксплуатационных ресурсов термальных вод учитывались только подземные воды с минерализацией до 35 г/л, в большем числе перспективных на термальные воды районов ресурсы тепла в промышленных водах, обладающих большей минерализацией, практически оказались неучтенными. Исключение составляет Западно-Сибирская платформенная артезианская область, где минерализация промышленных вод не превышает 20—30 г/л и где были отдельно подсчитаны ресурсы как термальных, так и промышленных вод. Однако в связи с различными принципами подсчета эксплуатационных ресурсов (для промышленных вод оценка была проведена на месторождениях, выделенных по технико-экономическим критериям, а также с учетом снижения динамического уровня на 600—700 м, в то время как при оценке термальных вод технико-экономические факторы не учитывались, а проектная глубина динамического уровня не превышала 100 м от поверхности земли) суммировать ресурсы термальных и промышленных вод для определения возможного количества полезного тепла было бы неверным. Однако эксплуатация промышленных вод при их комплексном использовании может значительно увеличить подсчитанные тепловые ресурсы в рассматриваемой области. Как показало проведенное Б. Ф. Мавринским и Л. Ф. Полуботко (1970) технико-экономическое сопоставление различных вариантов эксплуатации Тобольского иодного месторождения, попутное использование через теплообменники тепла воды (перед извлечением иода) для отопления зданий и тепличного комбината позволяет снизить себестоимость получения иода на 20% и сэкономить более 65—70 тыс. т каменного угля в год. Так как в северных районах Западно-Сибирской платформенной области эксплуатационные ресурсы термальных и промышленных вод одних и тех же горизонтов были подсчитаны отдельно, вопросы эксплуатации термальных вод здесь должны быть увязаны с планом разработки иодных месторождений.

Рассмотрим вопросы влияния отбора подземных вод на поверхностный сток. Прежде всего отметим, что так как эксплуатационные ресурсы промышленных и в подавляющем большинстве случаев термальных вод

концентрируются в глубоких напорных горизонтах и обеспечиваются сработкой упругих запасов, то отбор этих типов вод практически не оказывает влияния на поверхностный сток. Частично по тем же причинам, а частично в связи с крайне незначительными ресурсами можно также не рассматривать влияние отбора минеральных вод. Таким образом, определенное влияние на ресурсы поверхностных вод может оказать только эксплуатация пресных и солоноватых вод, осуществляемая для водоснабжения и орошения.

Вопросы учета взаимосвязи подземных и поверхностных вод в водохозяйственных балансах, в том числе определение влияния отбора подземных вод на поверхностный сток, подробно рассмотрены в работе Е. Л. Минкина (1973). Эксплуатация водоносных горизонтов, подземные воды которых связаны с поверхностными, несомненно, вызовет уменьшение поверхностного стока, при этом величина уменьшения будет зависеть от продолжительности периода эксплуатации, системы расположения водозаборов и расстояния водозаборов от реки.

Можно считать, что при отборе всех подсчитанных эксплуатационных ресурсов уменьшение поверхностного стока произойдет на величину, равную восполняемым ресурсам, так как остальная часть эксплуатационных ресурсов обеспечивается сработкой естественных запасов. Однако при этом не учитывается, что часть восполняемых эксплуатационных ресурсов (в ряде аридных районов довольно значительная) формируется за счет уменьшения или полного прекращения испарения с зеркала подземных вод при его снижении в процессе эксплуатации. В связи с этим изменение поверхностного стока будет меньше величины восполняемых эксплуатационных ресурсов подземных вод. При этом не учитывается также та часть отобранной воды, которая после использования и очистки снова сбрасывается в реки. Поэтому речной сток может уменьшаться только на величину так называемых безвозвратных потерь, обычно составляющих не более 20—30% от общего количества отобранной воды. В некоторых случаях в результате сброса использованных подземных вод поверхностный сток может даже возрасти, так как часть этих подземных вод поступает за счет осушения пласта, а не только за счет привлечения поверхностного стока.

Как было показано в гл. III, восполняемые эксплуатационные ресурсы подземных вод на территории СССР составляют около 5000 м^3/с. Если даже не учитывать, что часть этих ресурсов обеспечивается уменьшением испарения, то при безвозвратных потерях, равных 30%, общая величина уменьшения речного стока составит всего 1500 м^3/с, или около 50 км^3/год, что составляет примерно 1% от стока рек в СССР (4700 км^3/год). В связи с этим при региональных оценках общих водных ресурсов СССР уменьшением общего речного стока за счет отбора подземных вод можно пренебречь, но в отдельных районах, характеризующихся напряженным водным балансом и малой величиной меженного стока рек, вопрос об уменьшении последнего приобретает весьма важное значение. Особенно это относится к районам, где проводится интенсивная эксплуатация подземных вод инфильтрационными водозаборами. В этом случае через довольно непродолжительный период поверхностный сток сокращается на величину, примерно равную расходу водозабора.

В практике водоснабжения отмечались случаи, когда в результате эксплуатации подземных вод полностью прекращался на определенный период поверхностный сток в реке, гидравлически связанной с эксплуатируемым водоносным горизонтом. В таких условиях необходимо учитывать не столько уменьшение общего стока, которое может быть очень малым, сколько возможное изменение меженного речного стока. Однако

в некоторых долинах даже при расположении водозаборов на сравнительно небольшом расстоянии от реки уменьшение меженного стока может быть незначительным вследствие наличия регулирующей емкости в водоносном горизонте и затрудненных условий взаимосвязи подземных и поверхностных вод, вызванных фильтрационным сопротивлением русловых отложений. В таких условиях в меженный период эксплуатационные ресурсы формируются за счет сработки естественных запасов (осушение регулирующей емкости) с последующим восполнением сработанных запасов паводочными водами реки во время залива поймы. Подобными условиями, как отмечает Е. Л. Минкин (1973), характеризуется, например, долина р. Северский Донец, где суммарный дебит водозаборов значительно превышает меженный расход реки и несмотря на это река в межень имеет сток.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что уменьшение общего речного стока, вызванное отбором подземных вод даже при условии полного использования подсчитанных эксплуатационных ресурсов, не превысит нескольких процентов от полной величины стока и может не учитываться в общих водохозяйственных балансах. Для отдельных районов необходимо учитывать возможное уменьшение меженного стока, особенно для небольших рек, где меженный сток может полностью прекратиться. Эти вопросы должны решаться в каждом конкретном случае на основе соответствующих гидрогеологических расчетов в комплексе с вопросами использования ресурсов поверхностных вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпуск 3 сводного тома «Гидрогеология СССР» представляет собой монографическое исследование основных закономерностей формирования и распространения эксплуатационных ресурсов различных типов подземных вод и содержит их количественную оценку. Невысокая степень изученности гидрогеологических условий целого ряда областей СССР, недостаточная степень разработанности некоторых положений методики региональной оценки ресурсов и отсутствие полноценного учета использования подземных вод — все это, несомненно, позволяет рассматривать полученные результаты и выводы только как предварительные и диктует необходимость продолжения исследований в этом важном направлении современной гидрогеологии. Тем не менее выявленные закономерности формирования и распространения ресурсов подземных вод и их месторождений являются прочной научной базой для постановки дальнейших поисково-разведочных работ на подземные воды.

Проведенные исследования показали, что Советский Союз обладает огромными эксплуатационными ресурсами различных типов подземных вод. На территории СССР формируются самые разнообразные типы месторождений подземных вод, из них наибольшее значение имеют месторождения артезианских бассейнов платформенного типа и артезианских бассейнов межгорных впадин (пресные и солоноватые, промышленные минеральные и термальные воды), речных долин (пресные воды), конусов выноса (пресные воды), структур и масивов с трещинно-карстовыми коллекторами (пресные воды), зон тектонических нарушений (минеральные воды).

Закономерности формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод определяются рядом факторов, из которых основными являются геологические условия в широком смысле этого понятия (тип структуры, литологический состав водовмещающих пород, глубина залегания, характер перекрывающих и подстилающих отложений, условия на границах

водоносного горизонта, фильтрационные и емкостные свойства и т. п.) и климатические условия. Различное сочетание таких факторов определяет возможные масштабы образующихся месторождений подземных вод, основные источники формирования ресурсов и характер режима подземных вод при эксплуатации. Эти закономерности следует учитывать при проектировании поисково-разведочных работ на подземные воды и планировании развития различных отраслей народного хозяйства.

Современное использование подземных вод в народном хозяйстве не превышает 10% от их выявленных эксплуатационных ресурсов. Это позволяет достаточно оптимистично оценивать перспективы дальнейшего использования подземных вод. Однако в связи с исключительно неравномерным распределением их ресурсов на территории СССР в ряде районов возникают значительные трудности при организации централизованного водоснабжения. Сложность положения усугубляется и тем, что ресурсы поверхностных вод также распределены очень неравномерно. Так, 85% стока рек, впадающих в океан, протекает в необжитых районах, вдали от центров потребления. Кроме того, следует учитывать, что больше половины воды реки проносят за два-три весенних месяца (Вознесенский, 1972).

К районам, наименее обеспеченным водными ресурсами, отчасти в связи с их интенсивной современной эксплуатацией, относятся центральные и южные районы европейской территории РСФСР, юг Украины и Молдавия, Средний и Южный Урал, Донбасс, Центральный Казахстан, Туркмения и ряд других. В этих районах проблемы водоснабжения могут решаться только при условии проведения некоторых инженерно-технических мероприятий, связанных с комплексным использованием подземных и поверхностных вод, искусственным восполнением ресурсов, использованием солоноватых и соленых вод после их опреснения, транспортировкой воды (в том числе и подземной) на большие расстояния. Таким образом, для значительной части территории СССР проблема использования водных ресурсов приобретает новый смысл, определяемый необходимостью перераспределения водных ресурсов во времени и пространстве и разработки научно обоснованной системы управления водными ресурсами их охраны от загрязнения и истощения.

Исключительная роль ресурсов подземных вод в различных отраслях народного хозяйства вызывает, как отмечено выше, необходимость дальнейших научных исследований по этой актуальной проблеме. К числу наиболее важных направлений научно-исследовательских работ в области изучения и использования ресурсов подземных вод относятся следующие.

1. Разработка общей теории формирования эксплуатационных ресурсов различных типов подземных вод (пресных, солоноватых и соленых, минеральных, термальных, промышленных), устанавливающей основные закономерности движения подземных вод при их эксплуатации водозаборами в различных природных условиях.

2. Усовершенствование методики оценки ресурсов подземных вод (количественная оценка различных источников формирования эксплуатационных ресурсов, оценка условий взаимодействия горизонтов, фильтрации через глинистые разделяющие породы и т. п.).

3. Разработка научных основ управления водными ресурсами, включая гидрогеологическое обоснование искусственного восполнения запасов подземных вод, их охрану от загрязнения и истощения, создание постоянно действующих математических моделей крупных артезианских бассейнов и гидрогеологических районов.

4. Дальнейшее совершенствование методов поисков и разведки различных типов подземных вод с широким применением современных геофизических и математических методов.

5. Оценка влияния отбора подземных вод на гидрогеологические и ландшафтные условия окружающей среды.

6. Разработка методики региональной оценки и оценка эксплуатационных ресурсов минеральных вод на площади перспективных районов СССР.

7. Проведение теоретических и экспериментальных исследований по изучению условий миграции и накопления в подземных водах редких и рассеянных элементов (бора, рубидия, стронция, цезия и др.) с целью использования выявленных закономерностей для оценки ресурсов промышленных вод.

8. Совершенствование государственного учета всех видов использования подземных вод в народном хозяйстве с целью планирования рационального их отбора и изучения опыта эксплуатации.

Из всего вышеизложенного видно, что проведенные работы по региональной оценке эксплуатационных ресурсов подземных вод, результаты которых приведены в данной работе, являются только первым этапом исследований. В настоящее время на территории СССР в наиболее перспективных и важных в народнохозяйственном отношении районах проводится второй этап — оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых вод с учетом размещения конкретных потребителей. Эта работа, проводимая в ряде случаев с использованием методов математического моделирования, позволит уточнить количественную оценку и закономерности формирования ресурсов подземных вод ряда районов СССР. И, наконец, следующим этапом должна явиться региональная оценка ресурсов подземных вод с учетом влияния на них всего комплекса водохозяйственных мероприятий по перераспределению общих водных ресурсов, их рациональному использованию и охране от загрязнения и истощения. Одной из основных задач этого этапа региональной оценки эксплуатационных ресурсов подземных вод является учет возможного влияния проектируемого отбора на природные условия окружающей территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Альтовский М. Е. Методика гидрогеологических изысканий для целей водоснабжения. ОНТИ, 1936. 72 с.

Альтовский М. Е. Расчет дебита по откачкам из одиночных скважин. М., Госгеолиздат, 1940. 117 с.

Альтовский М. Е. Методическое руководство по расчету взаимодействующих артезианских и грунтовых водозаборов. М.—Л., Госгеолиздат, 1947. 124 с.

Бабушкин В. Д., Глазунов И. С., Гольдберг В. М. Основные принципы эксплуатации и оценки запасов крупных линз пресных вод. М., Госгеолтехиздат, 1962. 103 с.

Бабушкин В. Д., Плотников В. С., Лосев Ф. И. Прогноз режима подземных вод на территории КМА при разработке месторождений и эксплуатации водозаборов. [Ротапринт] М., 1967. 90 с. (ВСЕГИНГЕО).

Балашов Л. С. Сурхан-Дарьинский артезианский бассейн. М., Изд-во АН СССР, 1960. 277 с.

Балашов Л. С. Роль смешения подземных вод в формировании их химического состава. М., Изд-во АН СССР, 1961. 14 с.

Бедер Б. А. Артезианские воды Юго-Западного Узбекистана. Ташкент, 1961. 47 с.

Биндеман Н. Н. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М., Госгеолтехиздат, 1963. 201 с.

Биндеман Н. Н., Бочевер Ф. М. Региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод. — «Советская геология», 1964, № 1, с. 65—78.

Биндеман Н. Н., Язвин Л. С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М., «Недра», 1970. 216 с.

Биндеман Н. Н. Об эксплуатационных ресурсах пресных подземных вод СССР и перспективах их использования. — «Водные ресурсы», 1972, № 3, с. 112—124.

Биндеман Н. Н., Никитин М. Р., Фаренгольц З. Д. Об учете прогнозного коэффициента использования подземных вод при региональной оценке их эксплуатационных ресурсов. — «Водные ресурсы», 1973, № 1, с. 151—160.

Бондаренко С. С. Методические указания по региональной оценке и картированию прогнозных эксплуатационных запасов подземных промышленных вод. [Ротапринт]. М., 1967. 134 с. (ВСЕГИНГЕО).

Бондаренко С. С., Полуботко Л. Ф. Методические указания по обоснованию кондиционных требований к месторождениям термальных вод. [Ротапринт]. М., 1967, 35 с. (ВСЕГИНГЕО).

Бочевский Б. В., Язвин Л. С. Методические рекомендации по перспективной оценке эксплуатационных запасов подземных вод в слабоизученных районах (в основном по категории C_2). [Ротапринт]. М., 1971, с. 3—25. (ВСЕГИНГЕО).

Бочевер Ф. М. О классификации запасов подземных вод. — «Советская геология», 1957, т. 62, с. 143—150.

Бочевер Ф. М., Веригин Н. Н. Методическое пособие по расчетам эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения. М., Госстройиздат, 1961. 199 с.

Бочевер Ф. М. Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. М., «Недра», 1968. 328 с.

Вартанян Г. С., Яроцкий Л. А. Поиски, разведка и оценка эксплуатационных запасов месторождений минеральных вод. М., «Недра», 1972. 128 с.

Веригин Н. Н. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. М., Госстройиздат, 1962. 180 с.

Вознесенский А. Н. Вода. Ресурсы и потребление. — «Водные ресурсы», 1972, № 1, с. 1—11.

Гавич И. К. Принципы и методы моделирования при оценке эксплуатационных запасов подземных вод. ОНТИ ВИЭМС. Серия «Гидрогеология и инженерная геология», 1970, № 14б.

Геотермические исследования и использование тепла Земли. — М., «Наука», 1966. 431 с. (Труды второго совещания по геотермическим исследованиям в СССР).

Гидрогеология СССР, в 45 томах. М., «Недра», 1966—1972.

Жернов И. Е., Шестаков В. М. Моделирование фильтрации подземных вод. М., «Недра», 1971, 224 с.

Зайцев И. К., Толстихин Н. И. Закономерности распространения и формирования минеральных (промышленных и лечебных) подземных вод на территории СССР. М., «Недра», 1972, 279 с.

Зекцер И. С., Куделин Б. И., Попов О. В. Изучение ресурсов подземных вод СССР. — «Водные ресурсы», 1972, № 1, с. 42—53.

Зекцер И. С. Естественные ресурсы пресных подземных вод Прибалтики. М., «Недра», 1968. 105 с.

Иванов В. В., Невраев Г. А. Классификация подземных минеральных вод. М., «Недра», 1964. 168 с.

Ивянский А. З., Вавилова Г. Ф., Раковщик Л. Г. Санитарно-техническое и бытовое оборудование жилых и общественных зданий ГДР. Центр научной технической информации по гражданскому строительству и архитектуре. М., 1968. 42 с.

Игнатович Н. К. Методика пробных и опытных откачек. М.—Л., ОНТИ, 1935, 56 с.

Изыскания и оценка запасов промышленных вод. Под ред. С. С. Бондаренко и Н. В. Ефремочкина. М., «Недра», 1971, 244 с.

Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод. М.—Л., Госгеолтехиздат, 1962, 87 с.

Каменский Г. Н. Гидрогеологические исследования и разведка источников водоснабжения. М.—Л., Госгеолиздат, 1947, 79 с.

Каменский Г. Н. Поиски и разведка подземных вод. М.—Л., Госгеолиздат, 1947, 314 с.

Карта подземного стока СССР (зона интенсивного водообмена). Масштаб 1:5 000 000. М., ГУГК. Мингео СССР, 1965.

Карта подземного стока СССР в процентах от общего речного стока и коэффициенты подземного стока в процентах от осадков. Масштаб 1 : 5 000 000. М., ГУГК Мингео СССР, 1965.

Карта модулей эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых вод СССР. Масштаб 1 : 5 000 000. Гл. ред. Н. Н. Биндеман. М., ГУГК при Геол. комитете СССР, 1964.

Крашин П. И., Пересунько Д. И., Плотников В. С. Моделирование для целей прогнозной оценки эксплуатационных запасов подземных вод и оптимальной схемы расположения водозаборов в пределах центральной части Московского артезианского бассейна. — В кн.: Материалы III семинара по применению геофизических и математических методов при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях. «Моделирование и математические методы». М., 1970, с. 63—74.

Куделин Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. Изд-во МГУ, 1960. 344 с.

Локшин Б. А. Геотермальные системы теплоснабжения. — «Водоснабжение и санитарная техника», 1969, № 1, с. 16—22.

Мавринский Б. Ф. Некоторые вопросы формирования термальных вод и перспективы их использования. — «Советская геология», 1967, № 11, с. 134—149.

Мавринский Б. Ф. Методические указания по составлению карт распространения термальных вод в масштабе 1 : 500 000 и 1 : 200 000 [Ротапринт]. М., 1967. 38 с. (ВСЕГИНГЕО).

Мавринский Б. Ф. Термальные воды складчатых и платформенных областей СССР. М., «Наука», 1971. 242 с.

Мавринский Б. Ф., Плотников Н. А. Вопросы формирования и использования ресурсов подземных промышленных и термальных вод. [Ротапринт]. М., 1970. 190 с. (ВСЕГИНГЕО).

Мавринский Б. Ф., Полуботко Л. Ф. Некоторые вопросы экономической эффективности использования термальных вод. — «Вопросы формирования и использования ресурсов подземных промышленных и термальных вод». 1970, вып. 27, с. 106—119.

Мавринский Б. Ф., Антоненко Г. К. Опыт исследования, разведки и использования в практических целях термальных вод в СССР и за рубежом. М., «Недра», 1967. 178 с.

Минкин Е. Л. Гидрогеологические расчеты для выделения зон санитарной охраны водозаборов подземных вод. М., «Недра», 1967. 124 с.

Минкин Е. Л. Взаимосвязь подземных и поверхностных вод и ее значение при решении некоторых гидрогеологических и водохозяйственных задач. М., Стройиздат, 1973. 103 с.

Мятиев А. Н. Напорный комплекс подземных вод и колодцы. — «Изв. АН СССР», 1947, № 9, с. 57—64.

Никитин М. Р., Цыганова К. Н. Перспективы использования соленых подземных вод для водоснабжения южных районов СССР и методы их картирования. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 8, с. 36—43.

Никитин М. Р., Цыганова К. Н. Региональная оценка эксплуатационных ресурсов солоноватых и соленых подземных вод. — «Водные ресурсы», 1973, № 2, с. 134—149.

Овчинников А. М. Геологические структуры районов минеральных вод. — «Труды Первого всесоюзного гидрогеологического съезда», 1934, вып. 5, с. 105—124.

Овчинников А. М. Минеральные воды (учение о месторождениях минеральных вод с основами гидрогеохимии и радиогидрогеологии). М., Госгеолтехиздат, 1963. 374 с.

Пашковский И. С. Оценка эксплуатационных запасов с применением моделирования на примере Тахта-Кунырского артезианского бассейна. — В кн.: Применение вычислительной техники при гидрогеологических исследованиях. М., 1969, с. 100—107.

Подземный сток на территории СССР. Под ред. Б. И. Куделина. Изд-во МГУ, 1966, 302 с.

Плотников Н. А. Классификация ресурсов подземных вод для водоснабжения и методика их подсчета. М.—Л., Госгеолтехиздат, 1946, 116 с.

Плотников Н. И. Водоснабжение горнорудных предприятий. М.—Л., Госгортехиздат, 1959, 528 с.

Плотников Н. И. Поиски и разведка пресных подземных вод для целей крупного водоснабжения. Изд-во МГУ, 1965, 244 с.

Плотников Н. И. Эксплуатационная разведка подземных вод. М., «Недра». 1973, с. 7—15.

Попов О. В. Подземное питание рек. Л., Гидрометеоиздат, 1968, 291 с.

Региональная геотермия и распространение термальных вод в СССР. М., «Наука», 1967. 315 с. (Труды Второго совещания по геотермическим исследованиям в СССР).

Саваренский Ф. П. Гидрогеология СССР. Новосибирск, 1933, 320 с.

Сыроватко М. В. Основные вопросы освоения месторождений подземных промышленных вод. — «Гидрогеология и инженерная геология», 1967, вып. 37, с. 3—33.

Термальные воды СССР и вопросы теплоэнергетического использования. М., Изд-во АН СССР, 1963, 292 с.

Фролов Н. М., Язвин Л. С. Поиски, разведка и оценка эксплуатационных запасов термальных вод. [Ротапринт], М., 1969, 177 с. (ВСЕГИНГЕО).

Щелкачев В. Н. Разработка нефтеводоносных пластов при упругом режиме. М., Госгеолтехиздат, 1959, 144 с.

Язвин Л. С., Плотников Н. И. Основные научные итоги изучения эксплуатационных ресурсов подземных вод СССР. — В кн.: Материалы юбилейных чтений ВСЕГИНГЕО, посвященных 100-летию со дня рождения В. И. Ленина». [Ротапринт]. М., 1970, с. 28—38. (ВСЕГИНГЕО).

УКАЗАТЕЛЬ

ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Балансовый метод оценки эксплуатационных ресурсов 22

Водоотдача 27, 28
Водопроводимость 27, 28

Гидродинамический метод оценки эксплуатационных ресурсов 22, 23
Государственная Комиссия по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ) 14, 29, 193

Допустимое понижение уровня 27

Естественные запасы подземных вод 13
— ресурсы подземных вод 13

Изученность эксплуатационных ресурсов 193
Инфильтрационные водозаборы 186
Искусственные запасы подземных вод 13, 14
— ресурсы подземных вод 13, 14

Классификация ресурсов и запасов подземных вод 13
Коэффициент инфильтрации 25
— использования естественных запасов 15
— — естественных ресурсов 15, 26
— — искусственных запасов 15
— — искусственных ресурсов 15
— фильтрации 28

Линейный модуль эксплуатационных ресурсов 22

Месторождения подземных вод 16
Метод гидрогеологических аналогий 23
Минеральные воды 9, 209
Модуль естественных запасов подземных вод 184
Модуль естественных ресурсов подземных вод 49, 183

— подземного стока 25, 38
— эксплуатационных ресурсов подземных вод 21

Перетекание подземных вод 14, 17
Промышленные воды 9, 248
Потенциальные эксплуатационные ресурсы подземных вод 14
Привлекаемые ресурсы подземных вод 14
Прирост разведанных запасов 193
Прогнозный коэффициент использования подземных вод 14
Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод 14
Пьезопроводность 28

Расчленение гидрографа рек 24
Региональная оценка эксплуатационных ресурсов 9, 20
Ресурсы солоноватых и соленых подземных вод 189
Родниковый сток 25

Соленые подземные воды 9
Солоноватые подземные воды 9

Термальные воды 9, 224
Территориальная Комиссия по запасам полезных ископаемых (ТКЗ) 29, 193
Типизация месторождений подземных вод 15

Упругие запасы подземных вод 13
Утвержденные запасы подземных вод 29

Формула Маскета 27

Эксплуатационные запасы подземных вод 14
— ресурсы подземных вод 14

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАЗВАНИЯ

Абаевская равнина 147
Абай, г. 204
Азербайджанская ССР
Айэлуте, г. 42
Актюбинск, г. 69, 71, 204
Актюбинское Приуралье 67
Александрия, г. 82
Александровск, г. 200
Али-Байрамлы, г. 118, 205
Алма-Ата, г. 128, 203
Амударья, р. 86
Аракс, р. 117
Аргунь, р. 165
Артем, г. 170, 200
Архангельск, г. 48

Атбасар, г. 204
Ахангаран, р. 129, 138
Ашхабад, г. 200

Балтезерс, оз. 41
Балхаш, г. 204
Барнаул, г. 98
Батуми, г. 204
Белая, р. 60, 61, 199
Бельцы, г. 79, 205
Благовещенск, г. 170
Бендеры, г. 195, 205
Бердичев, г. 83
Березняки, г. 59, 64
Бийск, г. 98
Бирштонас, г. 40

Большой Узень, р. 70
Борисов, г. 49
Борисоглебск, г. 50
Братск, г. 107
Брест, г. 42
Брянск, г. 56, 198
Бузулук, г. 61
Буйнакская синклиналь 116
Бухара, г. 90, 203
Вентспилс, г. 205
Ветлуга, р. 199
Вильнюс, г. 40, 205
Витебск, г. 56, 57
Вишера, р. 60
Владивосток, г. 170, 200
Волга, р. 49, 58, 60
Волго-Актюбинская пойма 67
Волгоград, г. 199
Волгоградское Заволжье 67
Воронеж, г. 50
Вятка, р. 199
Вяткинские Увалы 60
Выборг, г. 80
Гауя, р. 39, 40
Геокчай, р. 117
Георгиу-Деж, г. 50
Глазовская синеклиза 217
Гомель, г. 202
Горький, г. 48, 199
Городец, г. 49
Грозный, г. 115
Губкин, г. 51
Дарваз, г. 143
Даугава, р. 39, 40
Даугавпилс, г. 40, 205
Дербентская моноклиналь 116
Десна, р. 72
Джамбул, г. 203
Джанкой, г. 119
Джезказган-Улутауский район 150
Джезказган, г. 204
Джунгарский Алатау 131, 137
Днепр, р. 51, 72
Днепропетровск, г. 82
Днестр, р. 76
Добеле, г. 42
Дон, р. 112
Дрогобыч, г. 122
Друскининкай, г. 40
Дунай, р. 76
Душанбе, г. 128, 202
Елгава, г. 205
Енисей, р. 96, 162
Ергалах, р. 105
Железногорск, г. 107
Заилийский Алатау 131, 137
Зауральский Сырт 67
Звенигородка, г. 83
Зеравшан, р. 141
Златоуст, г. 155, 199
Зыряновск, г. 203
Иваново, г. 48
Илек, р. 67, 71
Или, р. 132
Игарка, г. 163
Иловля, р. 70
Ильмень, оз. 46
Ирбит, г. 98
Иртыш, р. 96, 99
Исеть, р. 96, 101
Иркутск, г. 107
Иссык-Куль, оз. 130
Ишим, р. 96, 99, 188
Казатин, г. 83
Калининград, г. 39
Калинин, г. 53
Калуга, г. 198
Кама, р. 60, 61
Каинск, г. 163
Кара-Богаз-Гол, зал. 89, 259
Караганда, г. 147, 204
Каракол, р. 132
Каратау, г. 204
Карельский перешеек 57
Катынтауская синклиналь 116
Каунас, г. 205
Кейла, г. 44
Кетменский хребет 131
Кзыл-Орда, г. 203
Керчь, г. 119
Кенгирская складчатая зона 150
Киев, г. 74, 201
Киргизский хребет 135
Киров, г. 199
Кировоград, г. 82
Кировск, г. 80
Китабо-Шахрисябская котловина 87
Кишинев, г. 77, 205
Клайпеда, г. 39, 205
Клязьма, р. 53
Ковдор, г. 80
Кокчетав, г. 204
Комсомольск-на-Амуре, г. 170
Конкско-Ялынская впадина 81
Коростышев, г. 73
Копет-Даг, хр. 86, 123, 218
Кострома, г. 48
Кохтла-Ярве, г. 40, 45, 205
Красноводск, г. 126, 203
Красноперекопск, г. 119
Красноярск, г. 200
Краснокамск, г. 199
Кубань, р. 112
Кулойское плато 46
Курземская возвышенность 43
Курск, г. 51, 56, 198
Курган, г. 200
Кусарская предгорная равнина 34, 116, 183
Кустанай, г. 99, 204
Кутаиси, г. 204
Кызылсу, р. 141
Лена, р. 105
Ленинград, г. 48
Ленинакан, г. 118
Ленинск, г. 203
Ленногорск, г. 203
Лиелупе, р. 39
Лиепая, г. 42, 205
Липецк, г. 50, 56, 57
Магнитогорск, г. 155
Малый Узень, р. 70
Мелитополь, г. 77
Минск, г. 49, 202
Мирный, г. 200
Москва, г. 198
Москва, р. 53
Московская синеклиза 217
Мукачево, г. 122

Мургаб, р. 86
Мурманск, г. 80
Нальчик, г. 115, 227
Нарва, г. 205
Нарын, р. 134, 138
Небит-Даг 126, 203
Нефтечала, г. 118, 205
Нижний Тагил, г. 155
Николаев, г. 77, 201
Новгород, г. 48
Новокузнецк, г. 200
Новокуйбышевск, г. 65, 199
Норильск, г. 105
Нярис, р. 39
Нямунас, р. 40
Общий Сырт 60
Обь, р. 96, 99
Овруч, г. 83
Одесса, г. 76, 201
Ока, р. 49, 53
Олевск, г. 83
Омск, г. 101
Онега, р. 46
Ордовикское плато 46
Орджоникидзе, г. 115
Орел, г. 56, 57, 198
Орск, г. 155
Оренбург, г. 61, 199
Павлодар, г. 204
Пандиверская возвышенность 44
Пачелмский прогиб 217
Первоуральск, г. 155
Петрозаводск, г. 80
Петропавловск, г. 204
Поронайская депрессия 188
Прикаспийская низменность 67
Приамуджарье 67
Прут, р. 122
Псков, г. 56
Ревда, г. 80
Резекне, г. 73, 205
Рига, г. 39, 43, 205
Ростов, г. 113
Русская плита 217
Рустави, г. 204
Рыбинское водохранилище 46
Рязань, г. 198
Сагиз, р. 67
Саки, г. 227
Сакмара, р. 60
Сал, р. 70
Салават, г. 61
Сальяны, г. 205
Самарканд, г. 203
Сарань, г. 204
Свердловск, г. 155, 199
Севастополь, г. 119
Северский Донец, р. 75, 85
Селенга, р. 167
Семипалатинск, г. 98, 203
Серов, г. 98
Симферополь, г. 119
Скифская плита 224
Смела, г. 82
Смоленск, г. 56, 57
Соликамск, г. 59, 64
Сочи, г. 116
Старый Оскол, г. 51
Ставрополь, г. 114
Степняк, г. 204
Стерлитамак, г. 61
Стрый, р. 122
Сула, р. 72
Сухуми, г. 116, 204
Сырдарья, р. 87, 138
Таганрог, г. 113
Таз, р. 96
Талас, р. 134
Талды-Курган, г. 203
Таллин, г. 39, 40, 45, 205
Талнах, р. 105
Тамбов, г. 56, 57, 198
Тапа, г. 44
Тарбагатай, хр. 132
Тарту, г. 40
Тасты, р. 132
Тбилиси, г. 118, 204
Теджен, г. 86
Темиртау, г. 147, 204
Терско-Сунженская депрессия 33, 267
Тертерчай, р. 117
Тирасполь, г. 195, 205
Тобол, р. 96, 99, 188
Тобольск, г. 225, 243
Тольятти, г. 61
Томь, р. 162
Туаркырское плато 89
Туапсе, г. 116
Тула, г. 198
Угра, р. 53
Уда, р. 167
Ужгород, г. 122
Уил, р. 68
Ульба, р. 204
Ульяновск, г. 61
Умань, г. 82
Упа, р. 53
Урал, р. 60, 61
Урало-Эмбенское плато 67
Уралтау-Мугоджарские горы 71, 86
Уральск, г. 61, 71, 204
Ургенч, г. 90
Урджар, р. 132
Усть-Каменогорск, г. 203
Уссурийск, г. 170
Уй, р. 96
Уфа, г. 61, 199
Уфа, р. 61
Ухта, г. 157
Уфимское плато 64
Фастов, г. 83
Фергана, г. 202
Фрунзе, г. 128, 202
Хабаровск, г. 170, 200
Хантысу, р. 132
Харьков, г. 74
Херсон, г. 77
Хобта, р. 70
Хопер, р. 58
Целиноград, г. 204
Центральное девонское поле 55, 56
Чапаевск, г. 65
Челекен, г. 126, 203
Челкар, г. 93
Челябинск, г. 155, 199
Чехов, г. 200
Чиликтинская впадина 147
Чирчик, р. 140
Чимкент, г. 203

Чу, р. 91, 134
Шауляй, г. 39, 205
Шевченко, г. 204
Шелехово, г. 108
Шилка, р. 165
Шелехово, г. 108
Экибастуз, г. 204
Эмба, р. 67
Эмель, р. 132
Южно-Сахалинск, г. 175
Ярославль, г. 48
Ясханская линза 90, 124, 126
Ялта, г. 119

ФАМИЛИИ

Арье А. Г. 251
Афанасьев Т. П. 251
Бабушкин В. Д. 23
Балашов Л. С. 263
Басков Е. А. 251
Бедер Б. А. 251
Биндеман Н. Н. 13, 14, 15, 20, 21, 27
Богданов Г. Я. 251
Богомолов Г. В. 251
Богомяков Г. П. 251
Бондаренко С. С. 19, 30, 31, 251
Борзасекова Л. Г. 261
Боревский Б. В. 16, 22
Боревский Л. В. 251
Бочевер Ф. М. 13, 20, 21
Вартанян Г. С. 20
Вознесенский А. И. 271
Гавич И. К. 23
Гинис Ю. В. 251, 262
Жернов И. В. 23
Зайдельсон М. И. 251
Зайцев И. К. 210, 215, 251
Зекцер И. С. 24, 25, 182
Иванов В. В. 209
Каменский Г. Н. 16
Керкис Е. Е. 251
Кисельгоф С. М. 251
Котов В. С. 251
Крашин И. И. 23, 267
Кротова В. А. 251
Куделин Б. И. 13, 24
Кузнецов С. Д. 261
Куканов В. М. 251
Локшин Б. А. 243
Мавринский Б. Ф. 20, 31, 268
Максимов Г. И. 251
Мизинов Н. Ф. 251
Мишкин Е. Л. 269
Никитин М. Р. 30, 86, 113, 189
Нуднер В. А. 251
Овчинников А. М. 15, 16, 215
Пашковский И. С. 23
Пиннекер Е. В. 251
Плотников Н. А. 19, 249, 251
Плотников Н. И. 16, 19
Погуляев В. И. 20
Полуботко Л. Ф. 268
Саваренский Ф. П. 13
Самсонов Ф. П. 251
Силин-Бекчурин А. И. 251
Славянова Л. В. 251
Сулин В. А. 251
Султанходжаев А. И. 251
Толстихин Н. И. 210, 215, 251
Толстихин О. Н. 251
Толстой М. П. 251, 262
Трофимук П. И. 251
Фейгин М. В. 251
Фролов Н. М. 20
Шестаков В. М. 23
Щербаков А. В. 251
Язвин Л. С. 15, 16, 20, 22

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

Сводный том

Выпуск 3

Редактор издательства *Л. И. Березовская* Техн. редактор *Л. И. Шиманова*

Корректор *В. Н. Ионкина*

Сдано в набор 18/X 1976 г. Подписано в печать 18/II 1977 г. Т-00579
Формат 70×108¹/₁₆. Печ. л. 17,75 с 1 вкл. Усл. печ. л. 24,85 Уч.-изд. л. 24,95
Тираж 3000 экз. Бумага № 2. Заказ № 715/12086—2 Цена 4 р. 27 к.

Издательство «Недра». Москва, К-12, Третьяковский проезд, д. 1/19.
Ленинградская картографическая фабрика объединения «Аэрогеология»

Кр.2Рк.

ПЕТРА