
Ресурсы подземных вод

Ресурсы подземных вод

В соответствии с видом хозяйственного использования все подземные воды подразделяются на

- *пресные* (слабоминерализованные), используемые для организации хозяйственно-питьевого водоснабжения и сельскохозяйственного орошения (питьевые, технические, оросительные);
- *минеральные лечебные* воды, применяемые для организации санаторно-курортного лечения или в качестве столовых и лечебных;
- *минеральные промышленные*, являющиеся сырьем для получения промышленно ценных компонентов (гидроминеральное сырье);
- *термальные*, или теплоэнергетические, используемые в качестве источника получения тепловой энергии.

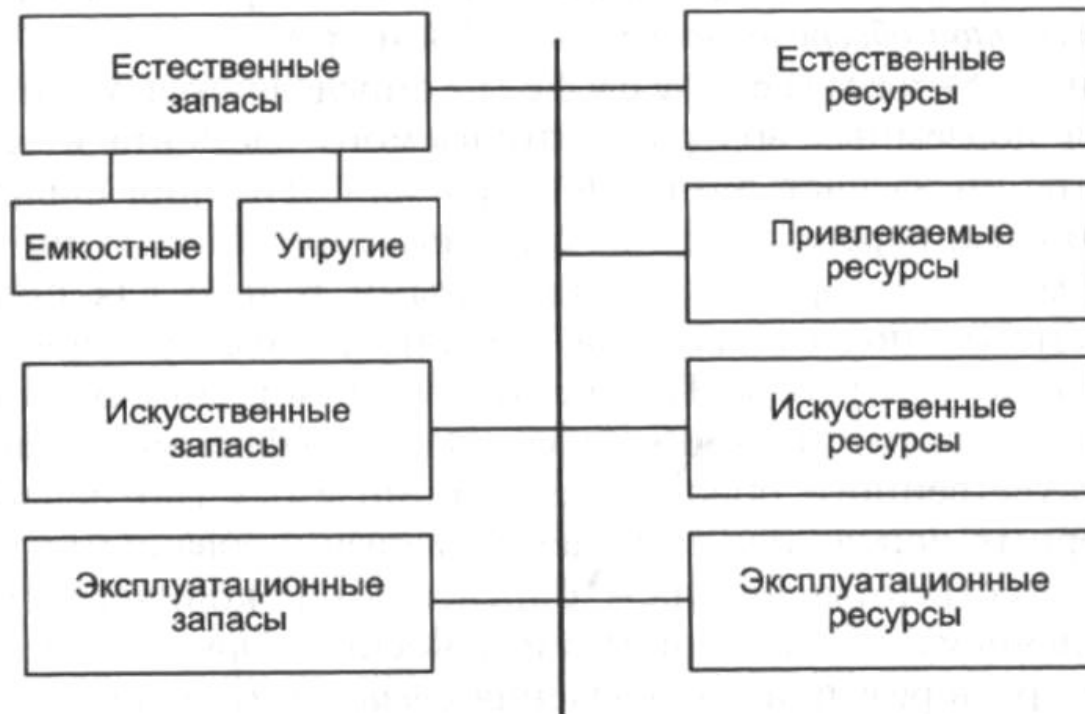
Ресурсы подземных вод

- По аналогии с другими видами полезных ископаемых в гидрогеологии широко используется понятие **«месторождение подземных вод»**, под которым следует понимать балансово-гидродинамический элемент подземной гидросферы, в пределах которого возможно получение (отбор) подземных вод определенного состава и качества в количестве, достаточном для их экономически целесообразного использования.
- В качестве балансово-гидродинамического элемента в этом случае рассматривается любым образом ограниченный элемент подземной гидросферы, т.е. границами месторождения в отличие от гидрогеологического района могут являться не только естественные границы того или иного вида, но и условные (расчетные) балансово-гидродинамические границы.

Ресурсы и запасы подземных вод

- При оценке и характеристике количеств подземных вод в гидрогеологической литературе используются термины **«запасы»** и **«ресурсы»**. Иногда они рассматриваются как синонимы, однако это неверно. Термин «ресурсы» подземных вод был введен в 30-х гг. Ф.П. Саваренским специально, чтобы подчеркнуть уникальные свойства полезного ископаемого **«подземные воды»** – их **возобновляемость**. В соответствии с представлениями Ф.П. Саваренского (1934), Б.И. Куделина (1960) и других ученых, под термином **«запасы»** следует понимать количество воды (объем, массу), содержащееся в рассматриваемом элементе гидросферы (водоносный горизонт, участок горизонта, месторождение и т.д.); под термином **«ресурсы»** – *величину их возобновления* (восполнения) в естественных условиях или в условиях эксплуатации за определенный период времени (расход).

Схема классификации «запасов» и «ресурсов» подземных ВОД



Естественные запасы

- **Естественные запасы** представляют собой массу (объем) подземных вод, содержащихся в рассматриваемом элементе подземной гидросферы (пласте, участке пласта, системе пластов и др.). В свою очередь они подразделяются на так называемые **емкостные** запасы, определяемые тем количеством воды, которое извлекается при осушении пласта, и **упругие** запасы, которые формируются при снижении пьезометрического уровня (пластового давления) напорных подземных вод за счет расширения воды и уплотнения минерального скелета пласта.

Естественные ресурсы

- **Естественные ресурсы** (естественно-антропогенные в условиях влияния хозяйственной деятельности), согласно Ф. П. Саваренскому, Б.И. Куделину и другим, представляют собой обеспеченный питанием приток (восполнение) подземных вод рассматриваемого элемента, равный количеству воды, поступающему в него в единицу времени (расход) в естественных условиях за счет инфильтрации атмосферных осадков, фильтрации из рек и озер, перетекания из выше- и нижележащих горизонтов, притока со смежных участков. Таким образом, они могут быть определены как сумма приходных элементов водного баланса водоносного горизонта (месторождения и др.) в естественных условиях. Наиболее строго естественные ресурсы могут быть охарактеризованы *средней за многолетний период (норма) годовой величиной восполнения (возобновления) запасов подземных вод*, которая может быть выражена расходом ($\text{м}^3/\text{год}$) среднегодовым значением модуля восполнения ($\text{л/с} \cdot \text{км}^2$) и др. Важным является то, что *среднемноголетний* характер этих величин позволяет выражать их в значениях *различной обеспеченности* (50, 95% и др.).

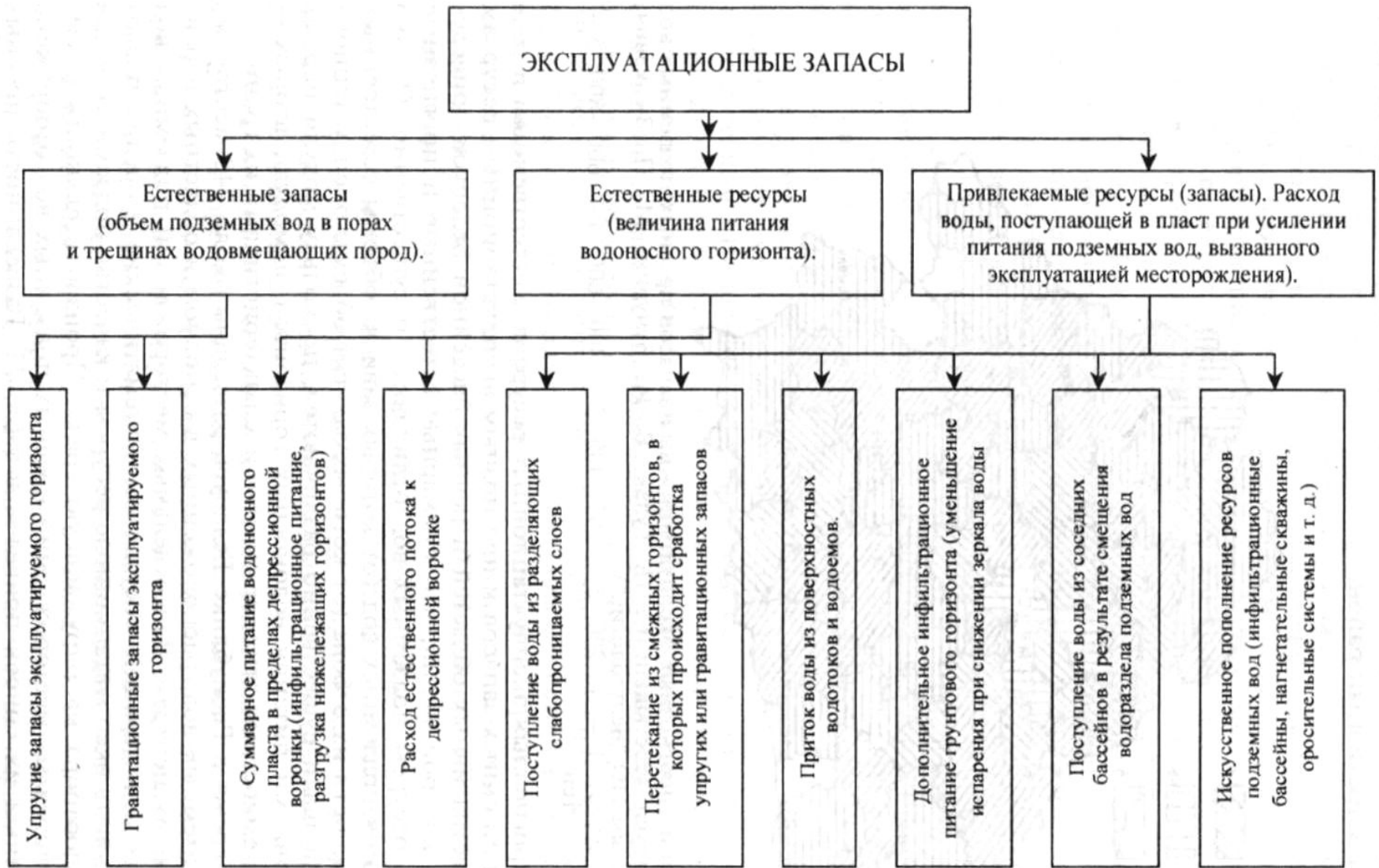
Ресурсы и запасы подземных вод

- **Привлекаемые ресурсы** определяются увеличением питания подземных вод рассматриваемого элемента в условиях эксплуатации за счет возникновения или усиления фильтрации из рек и озер, перетеканием из смежных горизонтов и др.
- Особыми категориями, характерными только для полезного ископаемого «подземная вода», являются искусственные запасы и ресурсы. Под **искусственными запасами** понимается масса (объем) подземных вод в пласте, сформировавшаяся за счет искусственного обводнения проницаемых (но ненасыщенных) горных пород, так называемое **магазинирование** подземных вод.
Искусственные ресурсы определяются количеством воды (восполнением), поступающим в водоносный горизонт (месторождение и др.) в результате проведения *специальных* мероприятий по искусственному питанию подземных вод.

Ресурсы и запасы подземных вод

- Термины «эксплуатационные запасы» и «эксплуатационные ресурсы» часто рассматриваются как синонимы.
Эксплуатационные запасы – количество воды (расход, м³/сут), которое может быть получено на месторождении с помощью рационального в технико-экономическом отношении водозаборного сооружения при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требованиям целевого использования в течение расчетного срока водопотребления при условии отсутствия экологически негативных последствий эксплуатации (недопустимый ущерб речному стоку, переосушение ландшафтов и др.).
- Для водозаборов на пресные воды, используемые для организации хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов и народно-хозяйственных объектов, расчетный срок водопотребления составляет обычно 25–50 лет. В отдельных случаях для особо важных объектов этот срок может приниматься неограниченным. Для временных водозаборов сроки устанавливаются в соответствии с проектным заданием.

Источники формирования эксплуатационных запасов пресных подземных вод



Источники формирования эксплуатационных запасов пресных подземных вод

- В общем виде эксплуатационные запасы месторождения подземных вод связаны с другими категориями запасов и ресурсов следующим балансовым уравнением:

$$Q_{\dot{Y}} = \alpha_1 \frac{Q_{\zeta}}{\Delta t} + \alpha_2 Q_{\dot{A}} + \alpha_3 Q_{\dot{I}} + \alpha_4 Q_{\dot{E}},$$

- где $Q_{\dot{Y}}$ – эксплуатационные запасы подземных вод, $Q_{\dot{Z}}$ – естественные запасы (емкостные или упругие), $Q_{\dot{E}}$ – естественные ресурсы, $Q_{\dot{П}}$ – привлекаемые ресурсы, $Q_{\dot{И}}$ – искусственные ресурсы, $\alpha_{1,2,\dots}$ – так называемые коэффициенты использования, Δt – срок эксплуатации.

Источники формирования эксплуатационных запасов пресных подземных вод

- Анализ приведенного балансового уравнения показывает, что при отсутствии возобновления (Q_E , Q_P , Q_I) эксплуатационные запасы подземных вод месторождения всегда являются конечными, так как величина, характеризующая естественные запасы (Q_3), стремится к 0 при $t \rightarrow \infty$. И наоборот, при их наличии, в соответствии с определением Ф.П. Саваренского, запасы подземных вод являются неисчерпаемыми в пределах их возобновления. Коэффициенты использования ($\alpha_{1,2\dots}$) являются весьма спорными и трудно определяемыми величинами. В связи с этим более удобным является балансовое («дельта-баланс») уравнение эксплуатационного водоотбора (Р.С. Штенгелов):

$$Q_{\dot{Y}} = \frac{\Delta V_{\zeta}}{t} + \Delta Q_p + \Delta Q_i ,$$

- где ΔV – используемая величина естественных запасов, ΔQ_p – изменение расхода дренирования потока (суммарно по всем видам естественной разгрузки) в области влияния водоотбора, ΔQ_P – изменение величины питания подземных вод (суммарно по всем видам восполнения) в той же области.

Источники формирования эксплуатационных запасов пресных подземных вод

- Соотношение различных категорий «запасов» и «ресурсов» подземных вод и их роль в формировании основной категории **«эксплуатационные запасы»** характеризуются в настоящее время понятием *балансовая структура* (источники формирования) эксплуатационных запасов подземных вод.

Вид балансовой структуры запасов определяется главным образом

- **типом месторождения подземных вод** и условиями связи эксплуатируемого водоносного горизонта с участками инфильтрационного питания, поверхностными водами и смежными (непосредственно неэксплуатируемыми) водоносными горизонтами. Кроме того, для многих типов месторождений подземных вод балансовая структура эксплуатационных запасов (водоотбора) существенно изменяется в процессе эксплуатации, что определяет значительные сложности ее прогноза на весь срок работы водозаборов.

Основные типы месторождений пресных подземных вод

- В качестве подземных вод **хозяйственно-питьевого** назначения могут рассматриваться пресные (с минерализацией менее 1,0 г/л) и в определенных случаях слабоминерализованные (до 2,0 – 3,0 г/л и более) подземные воды, используемые для питьевого и коммунального водоснабжения населенных пунктов, промышленных предприятий и сельскохозяйственных объектов, а также для орошения (питьевые, технические и оросительные воды).

В качестве основных предпосылок существования месторождения подземных вод хозяйственно-питьевого назначения обычно рассматривается наличие:

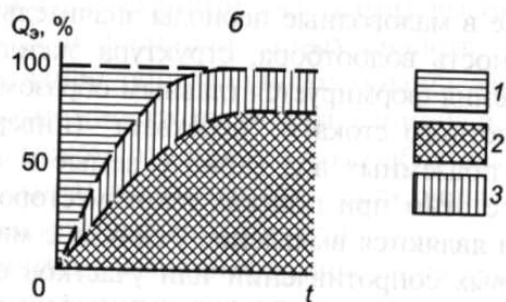
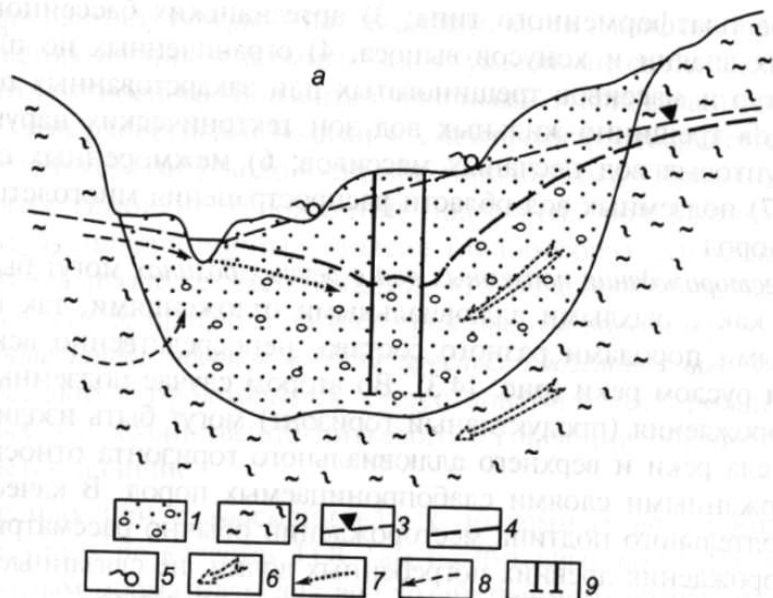
- пресных или слабосоленоватых подземных вод, соответствующих по качеству ГОСТам на питьевые воды или конкретным нормативам для вод хозяйственного назначения;
- водоносных (водовмещающих) пород с относительно (по сравнению с соседними участками) высокими значениями емкостных и фильтрационных свойств, что обеспечивает формирование определенного объема запасов подземных вод и возможности их отбора рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями (разного типа) в количествах, достаточных для удовлетворения существующей потребности;
- благоприятных условий формирования инфильтрационного питания подземных вод продуктивного водоносного горизонта, возможного притока из смежных пластов или участков территорий, фильтрации из рек и других факторов, что определяет благоприятные условия формирования восполнения запасов в естественных условиях и в условиях эксплуатации;
- потребителя (заявленной потребности) на расстоянии, обеспечивающем экономически рациональную эксплуатацию месторождения.

Основные типы месторождений пресных подземных вод

В качестве основных типов месторождений подземных вод хозяйственно-питьевого назначения в настоящее время обычно рассматриваются месторождения:

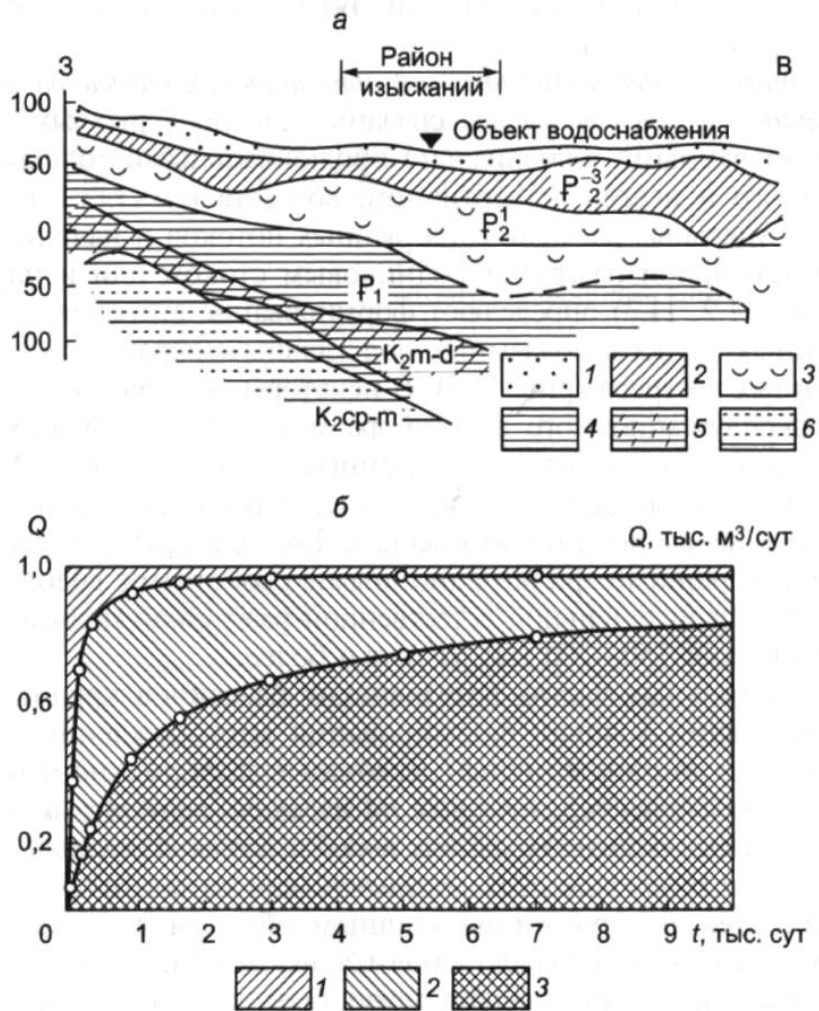
- 1) подземных вод в речных долинах;
- 2) артезианских бассейнов платформенного типа;
- 3) артезианских бассейнов межгорных впадин и конусов выноса;
- 4) ограниченных по площади структур и массивов трещиноватых или закарстованных пород и потоков трещинно-жильных вод зон тектонических нарушений;
- 5) грунтовых вод песчаных массивов;
- 6) межморенных отложений;
- 7) подземных вод области распространения многолетнемерзлых пород.

Месторождение подземных вод в речной долине



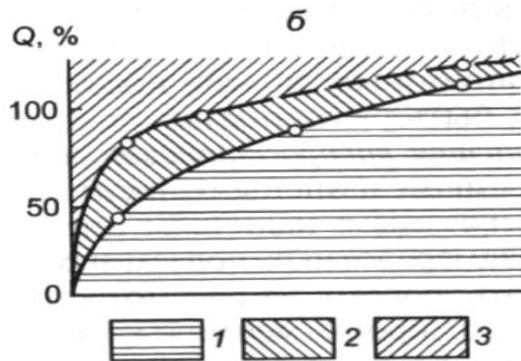
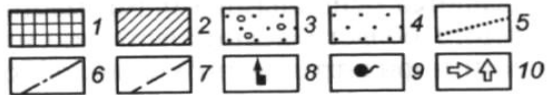
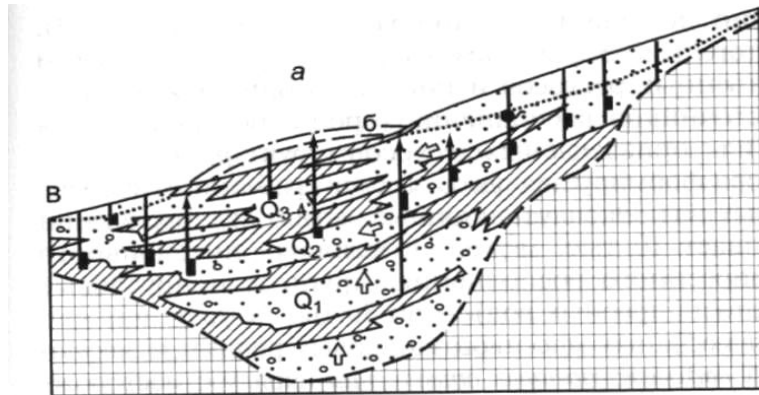
- **а** – гидрогеологический разрез месторождения: 1 – рыхлые аллювиальные отложения; 2 – коренные породы; 3 – уровень грунтовых вод в естественных условиях; 4 – то же при эксплуатации; 5 – источники; 6 – естественный поток подземных вод, «инверсируемый» водозаборным сооружением; 7 – приток из реки; 8 – разгрузка грунтовых вод в реку, сохраняющаяся и при эксплуатации водозабора; 9 – водозаборные скважины;
- **б** – типовая структура эксплуатационного водозабора: 1 – естественные запасы; 2 – инверсия естественной разгрузки (естественные ресурсы); 3 – привлекаемые ресурсы

Месторождение подземных вод в артезианском бассейне платформенного типа



- **а** – гидрогеологический разрез месторождения: 1 – аллювиальные отложения; 2 – диатомиты (диатомовые глины); 3 – трещиноватые опоки (продуктивный горизонт); 4 – глины; 5 – мергели; 6 – песчаники, алевролиты;
- **б** – прогнозная балансовая структура эксплуатационного водоотбора: 1 – естественные (упругие) запасы нижнеэоценового горизонта; 2 – естественные запасы аллювиального горизонта; 3 – приток из реки через аллювиальный водоносный горизонт (привлекаемые ресурсы).

Месторождение подземных вод во внутридолинном конусе выноса



- а** – гидрогеологический разрез месторождения: 1 – дочетвертичные отложения; 2 – суглинки; 3 – пески с валунно-галечниковыми образованиями; 4 – пески; 5–7 – уровни подземных вод (5 – свободный, 6 – напорный в верхнем пласте, 7 – напорный в среднем пласте); 8 – напор в скважине; 9 – родники и разгрузка в русло; 10 – направления движения подземных вод;
- б** – прогнозная балансовая структура эксплуатационного водоотбора: 1 – естественные ресурсы, 2–3 – запасы соответственно верхнего и нижнего водоносных пластов

Месторождения ограниченных по площади структур и массивов трещиноватых и закарстованных пород и потоков трещинно-жильных вод зон тектонических

нарушений

- Как самостоятельный тип месторождений характерны главным образом для территории складчатых областей (Урал, Алтае-Саянская область и др.). Водовмещающими могут быть трещиноватые породы любого состава, однако практически всегда наиболее перспективными являются участки (структуры), сложенные интенсивно закарстованными породами. В связи с относительно невысокими емкостными свойствами трещиноватых пород и ограниченными размерами структур и трещинных зон формирование эксплуатационных запасов в месторождениях этого типа связано с использованием естественных или привлекаемых ресурсов. Эксплуатационные запасы месторождений, как правило, не превышают 10–20 тыс. м³/сут. Для крупных структур, сложенных интенсивно закарстованными породами или высокопроницаемыми породами другого типа (интенсивно-трещиноватые песчаники, неоген-четвертичные вулканогенные или вулканогенно-осадочные породы и др.), при благоприятных условиях формирования естественных или привлекаемых ресурсов эксплуатационные запасы месторождений могут достигать здесь 100 тыс. м³/сут и более.
-

Месторождения грунтовых вод песчаных массивов

- Подразделяются на два существенно различных подтипа:
- 1) месторождения песчаных массивов пустынь и полупустынь
- 2) месторождения песчаных массивов зандровых равнин.

Первый подтип месторождений является специфическим, связанным в основном с линзами и ограниченными участками распространения пресных вод среди вод с относительно повышенной минерализацией. Месторождения этого типа характеризуются, как правило, малыми величинами естественных ресурсов и при отсутствии естественно-антропогенных источников восполнения (орошение, фильтрация из каналов и др.) или привлекаемых ресурсов структура эксплуатационного водоотбора формируется здесь за счет сработки естественных запасов пресных вод. Эксплуатационные запасы месторождений обычно не превышает 10 тыс. м³/год, в условиях интенсивного естественно-антропогенного восполнения (крупные прирусловые и приканальные линзы пресных вод) – до 50 тыс. м³/сут.

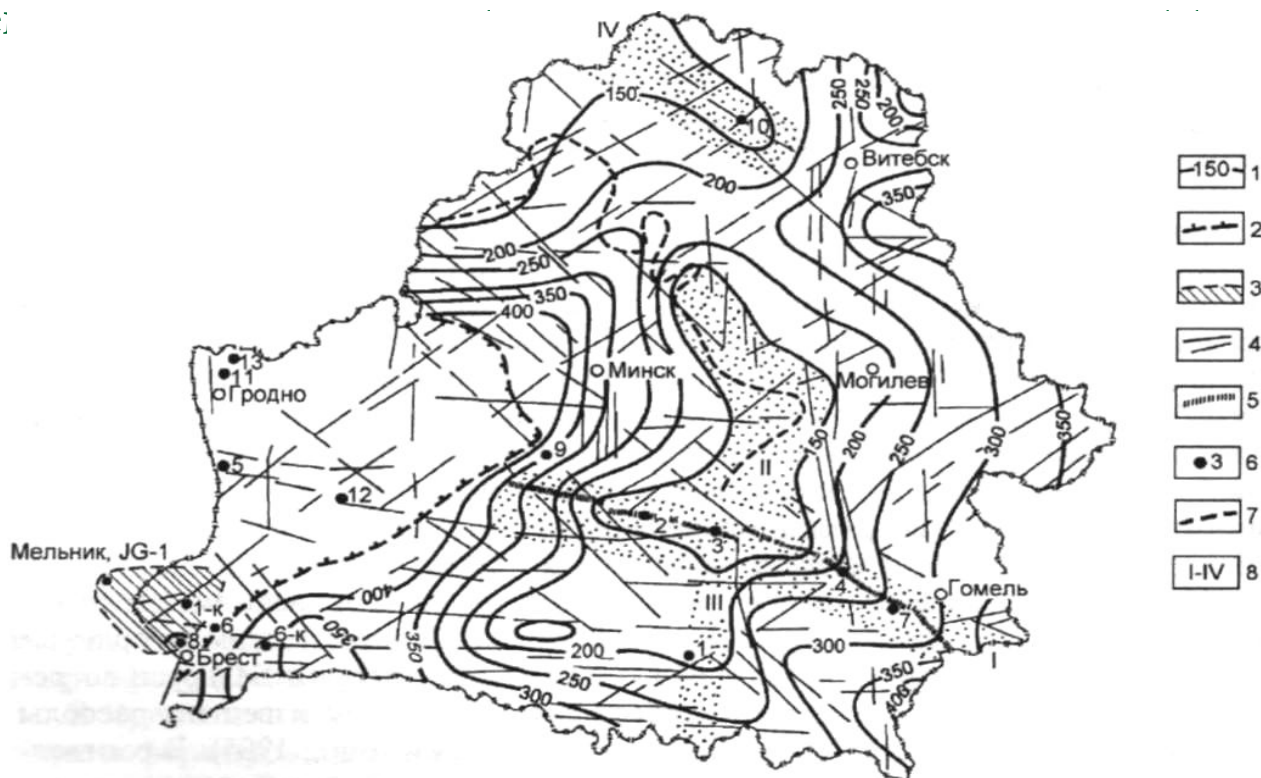
Месторождения песчаных массивов **зандровых равнин и месторождения подземных вод межморенных отложений** наряду с месторождениями речных долин являются основными типами месторождений четвертичных отложений области ледниковой аккумуляции. В зависимости от мощности и фильтрационных свойств водовмещающих пород, условий залегания водоносных горизонтов, связи с поверхностными водами и других факторов структура и величины (до 10–50 тыс. м³/сут, в переуглубленных ледниковых долинах – до 100 тыс. м³/сут и более) эксплуатационных запасов подземных вод месторождений этих типов могут быть различными.

Пресные подземные воды на территории Беларуси

- На территории Беларуси **пресные подземные воды** связаны с тремя повсеместно выдержанными водоносными комплексами (верхнепротерозойских отложений и верхней трещиноватой зоны кристаллического фундамента, девонских отложений, отложений четвертичной системы), а также водоносными комплексами кембро-силурийских, силурийско-ордовикских, каменноугольных, пермско-триасовых, юрско-меловых и палеоген-неогеновых образований фрагментарного распространения. Из названных только водоносный комплекс четвертичных отложений нацело представлен пресными водами питьевого регистра, в разрезе более древних отложений пресные воды приурочены к верхним, хорошо промытым частям водоносных комплексов и с глубиной сменяются минерализованными водами и рассолами.

Карта-схема Беларуси

гории



- 1 – изолинии глубин залегания подошвы слоя пресных подземных вод, м. Области развития слоя пресных вод мощностью более: 2 – 450 м, 3 – 1000 м; 4 – разнопорядковые разломы; 5 – Северо-Припятский разлом; 6 – характерные гидрогеохимические аномалии; 7 – зона выклинивания сульфатно-доломитово-мергельной гипсоносной пачки нарвовского горизонта; 8 – наиболее крупные зоны разгрузки глубинных минерализованных вод:
- I – Северо-Припятская, II – Березинская, III – Уборть-Птичская, IV – Западно-Двинская

Объем тела пресных подземных вод на территории Беларуси

Мощность слоя, м	Площадь распространения		Объем, км ³	
	км ²	относительно территории Беларуси, %	водовмещающих пород	пресных вод (коэффициент водоотдачи 0,15–0,20)
>400	36 544,00	17,60	14 617,60	2192,64–2923,52
350–400	16 865,92	8,12	5903,07	835,46–1180,61
300–350	35 316,48	17,02	10 594,90	1589,23–2118,98
250–300	31 980,96	15,40	7995,24	1199,28–1599,05
200–250	30 883,52	14,88	6176,24	926,50–1235,34
150–200	30 786,08	14,83	4617,91	692,69–923,58
100–150	23 721,28	11,43	2372,13	355,82–474,43
<100	1501,76	0,72	75,09	11,26–15,02
Итого	207 590,00	100,00	52 352,64	7852,90–10 470,53

Ресурсы подземных вод по частям света и странам мира

- Среднемноголетняя величина речного стока мира вначале XXI в. составляет 42 785 км³/год. Суммарная величина естественных ресурсов подземных вод, т.е. питания подземных вод на всей территории суши (без Антарктиды и Гренландии), составляет около 12 000 км³/год. По континентам они возрастают от 312 для Австралии и Океании до 3 656 км³/год на территории Южной Америки (табл.).
- В глобальном масштабе естественные ресурсы подземных вод в среднем составляют 25-30% от суммарных водных ресурсов (общего речного стока). Минимальным соотношением ресурсов подземных и поверхностных вод отличается засушливая Австралия, сравнительно низким – Азия, максимальным – Европа. Засушливые (пустынные) регионы Австралии, Африки и Азии наиболее уязвимы к современным многолетним и внутригодовым изменениям ресурсообразующих элементов водного баланса [Джамалов Р.Г. Ресурсы подземных вод по частям света и странам мира/Р.Г. Джамалов, Т.И. Сафронова//Известия РАН. Серия географическая. – 2010. – №5. – С. 52-60].

Современная обеспеченность водными ресурсами частей света

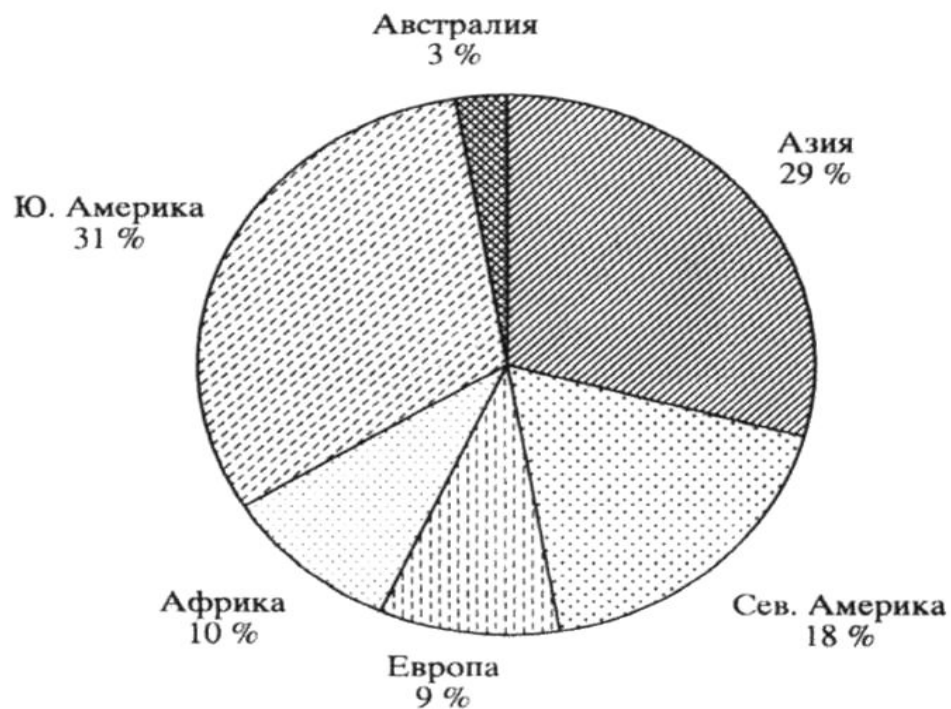
Часть света	Площадь млн. км ²	Население, млн. чел.	Ресурсы, км ³ /год			Водообеспеченность, тыс. м ³ /год			
			поверхностных вод (речной сток)	подземных вод	соотношение ресурсов подземного и суммарного речного стока, %	ресурсами поверхностных вод		ресурсами подземных вод	
						на 1 км ²	на 1 чел.	на 1 км ²	на 1 чел.
Европа	10.5	687.5	2900	1055	36	276	4.2	100.5	1.5
Азия	44.3	3698.5	13510	3435	25	305	3.7	77.5	0.9
Африка	30.3	790	4050	1130	28	134	5.1	37.3	1.4
Северная Америка	24.4	479.4	7890	2132	27	323	16.5	87.4	4.4
Южная Америка	17.8	345.7	12030	3656	30	676	34.8	205.4	10.6
Австралия и Океания	8.9	27.7	2405	312	13	270	86.8	35.1	11.3
Вся суша*	136.2	6028.8	42785	11720	27	314	7.1	87	1.9
В т. ч.	17.1	144.4	4053	915	23	237	28.1	54	6.3

Водные ресурсы шести крупнейших по территории стран мира

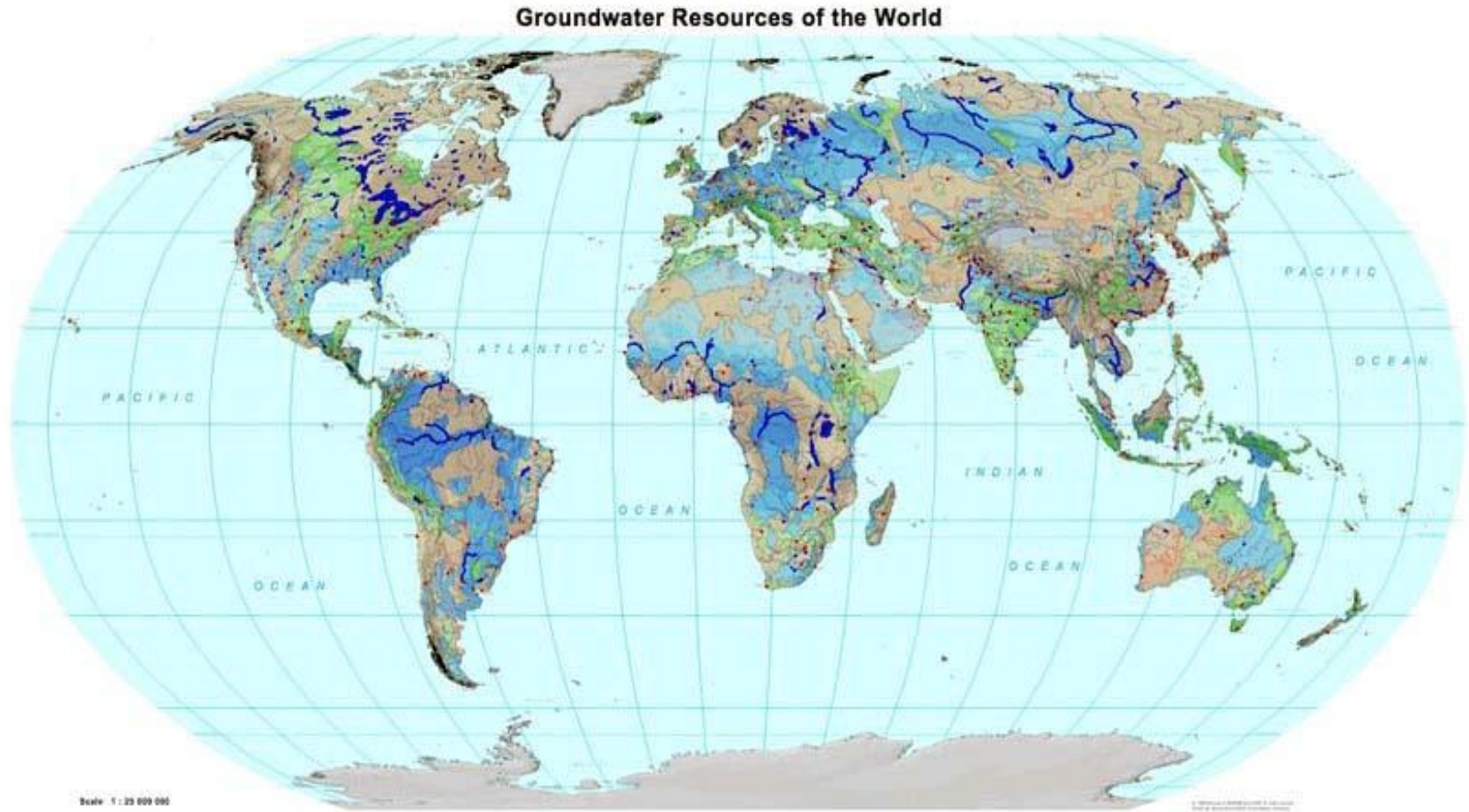
Страна	Площадь, тыс. км ²	Населен ие, млн чел	Ресурсы поверхностных вод (речной сток), км ³ /год	Ресурсы подземных вод, км ³ /год	Соотношение ресурсов подземного и суммарного речного стока, %	Водообеспеченность страны ресурсами поверхностных подземных вод, тыс. м ³ /год	
						1 км ²	1 жителя
Бразилия	8512.0	163.0	6220	2287	37	730.7/268.7	38.2/14.0
Индия	3287.6	1049.7	1456	342	24	442.9/103.9	1.4/0.4
Канада	9971.0	30.1	3287	995	30	329.7/99.8	109.2/33.0
Китай	9632.9	1309.6	2700	463	17	280.3/48.0	2.1/0.4
Россия	17075.4	144.4	4053	915	23	237.4/54.0	28.1/6.3
США	9363.2	270.0	2930	866	30	312.9/92.5	10.9/3.2
Вся суша	136200.0	6028.8	42785	11720	27	314.0/87.0	7.1/1.9

Распределение естественных (возобновляемых) ресурсов

ПОДЗЕМНЫХ ВОД



Ресурсы подземных вод на земном шаре



Ресурсы подземных вод в Беларуси

- В Республике Беларусь централизованное водоснабжение городов, городских и сельских поселков, промышленных предприятий базируется на использовании пресных подземных вод с утвержденными эксплуатационными запасами, приуроченными к **водоносным горизонтам и комплексам четвертичных и дочетвертичных отложений зоны активного водообмена** и осуществляется посредством эксплуатации, как групповых водозаборов, так и одиночных скважин.
- Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в целом по республике оцениваются в **49 596 тыс. м³/сут.** В настоящее время разведано только 13% прогнозных ресурсов. Потенциальные возможности использования подземных вод характеризуются их естественными ресурсами, которые составляют **43 560 тыс. м³/сут.**

Ресурсы подземных вод в Беларуси

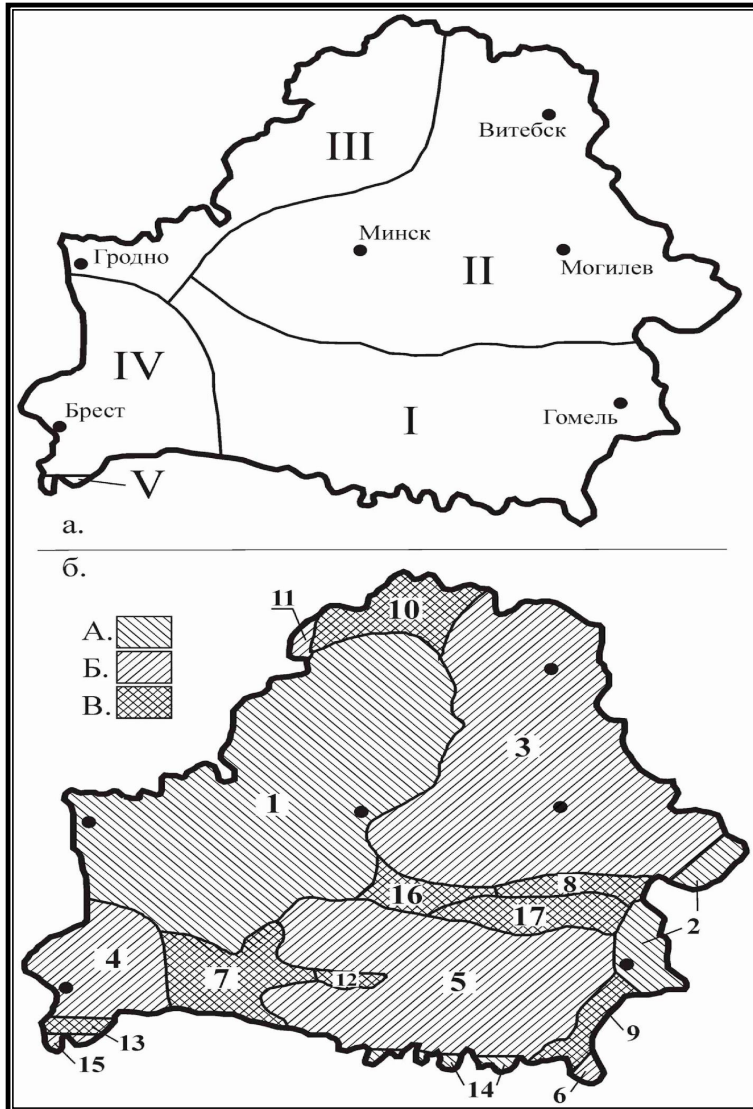
- Государственным балансом запасов пресных подземных вод Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2010 г. учтены балансовые запасы пресных подземных вод питьевого и хозяйственного назначения на 282 участках (водозаборах) месторождений пресных подземных вод: из них на 278 участках (водозаборах) запасы подземных вод разделены и утверждены для питьевых целей и на 4 участках (водозаборах) – для технических.
- Общие балансовые запасы пресных подземных вод суммы категорий А+В+С₁ составляют 6598,5923 тыс.м³/сут., в том числе, по категории А – 3299,6706 тыс.м³/сут., В – 2392,88343 тыс.м³/сут., С₁ – 906,03827 тыс.м³/сут. Забалансовые запасы составляют 29,3 тыс.м³/сут.

Распределение балансовых запасов пресных подземных вод по административным областям Республики Беларусь по состоянию на

01.01.2010 г.

Область	Количество месторождений	Эксплуатационные запасы, тыс.м ³ /сут.					
		A	B	C ₁	C ₂	A+B+C ₁	A+B+C ₁ +C ₂
1	2	3	4	5	6	7	8
Брестская	41	425,95	357,646	82,4	41	865,996	906,996
Витебская	32	440,78	254,2	198,52	-	893,5	893,5
Гомельская	57	589,7	416,06463	135,42567	10	1141,1903	1151,1903
Гродненская	30	315,74	330,26	135,9	-	781,9	781,9
Минская	79	996,56	848,64	239,8	415,5	2085,0	2500,5
Могилевская	43	530,9906	186,0228	113,9426	-	831,006	831,006
Всего по РБ	282	3299,7706	2392,83343	905,98827	466,5	6598,5923	7065,0923

Схема гидрогеологического районирования Беларуси



а) Гидрогеологические бассейны

- I – Припятский (Днепровско-Донецкий)
- II – Оршанский (Московский)
- III - Прибалтийский
- IV – Брестский (Мазовецко-Люблинский)
- V - Волыно-Подольский

б)

- А - Гидрогеологические массивы:
1. Белорусский, 2. Воронежский,
14. Украинский;
- Б – Гидрогеологические бассейны: 3.
Оршанский, 4. Брестский, 5. Припятский,
6. Днепровско-Донецкий, 11. Балтийский,
15. Волынский;
- В - Гидрогеологические районы:
7. Полесский, 8. Жлобинский,
9. Брагинско-Лоевский,
10. Латвийский, 12. Микашевичско-
Житковичский, 13. Луковско-Ратновский,
16. Бобруйский,
17. Городокско-Хатецкий.

Распределение прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод по артезианским бассейнам (на 01.01.2010 г.)

Административные области, артезианские бассейны и речные бассейны	Прогнозные ресурсы подземных вод, тыс. м ³ /сут	Количество участков месторождений	Эксплуатационные запасы подземных вод по категориям, тыс. м ³ /сут					Отношение эксплуатационных запасов к прогнозным ресурсам, %
			A	B	C ₁	C ₂	Всего	
АРТЕЗИАНСКИЕ БАСЕЙНЫ								
Прибалтийский	8366,9	26	285,7	302,4	115,9	-	704,0	8,4
Московский	23435,5	134	1832,96	1083,44	445,22	405,5	3767,12	16,1
Припятский	13639,8	93	831,6206	751,68743	293,46827	61,0	1937,7763	14,2
Брестский	4153,8	29	349,49	255,306	51,4	-	656,196	15,8
Итого:	49596,0	282	3299,7706	2392,83343	905,98827	466,5	7065,0923	14,2

Распределение балансовых запасов пресных подземных вод по степени промышленного освоения суммы категорий А+В+С1+С2 в 2009 г.

№ п/п	Область	Количество месторождений	Эксплуатационные запасы, тыс.м ³ /сут.				
			А	В	С ₁	С ₂	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Эксплуатируемые:						
2	Брестская	29	372,05	304,45	72,8	-	749,3
3	Витебская	20	352,08	165,7	140,12	-	657,9
4	Гомельская	42	504,3	262,26463	100,62567	10,0	877,1903
5	Гродненская	22	261,64	261,66	49,8	-	573,1
6	Минская	45	797,66	621,54	122,8	10,0	1552,0
7	Могилевская	25	412,3306	106,4728	45,6426	-	564,446
8	Всего	183	2700,0606	1722,08743	531,78827	20	4973,9363
9	Неэксплуатируемые:						
10	Брестская	12	53,9	53,196	9,6	41	157,696
11	Витебская	12	88,7	88,5	58,4	-	235,6
12	Гомельская	15	85,4	153,8	34,8	-	274,0
13	Гродненская	8	54,1	68,6	86,1	-	208,8
14	Минская	34	198,9	227,1	117,0	405,5	948,5
15	Могилевская	18	118,71	79,55	68,3	-	266,56
16	Всего	99	599,71	670,746	374,2	446,5	2091,156
17	Всего по РБ	282	3299,7706	2392,83343	905,98827	466,5	7065,0923

Минеральные подземные воды

- **Минеральными**, в отличие от хозяйственно-питьевых, называются природные воды, особенности состава и свойств которых (радиоактивность, повышенные концентрации обычных и (или) наличие специфических компонентов и др.) позволяют использовать их в качестве лечебных или промышленных.
- Общее солесодержание (минерализация) вод составляет от 1 до 35 г водорастворенных веществ в 1 дм³. Природные водные растворы с солесодержанием свыше 35 г/дм³ называются **рассолами** и практически все их химические разновидности применяются или могут применяться в бальнеотерапии. Максимальное солесодержание природных рассолов может достигать 350-600 г/дм³ и более (Мойнакский лиман в Крыму, 180 г/дм³; русло Узбоя в районе санатория «Мола-кара» в Туркмении, более 300 г/дм³; Мертвое море, до 350-400 г/дм³, подземные рассолы Припятского прогиба, до 400-500 г/дм³ и более).

Минеральные подземные воды

- Основной особенностью химического состава минеральных вод является присутствие обычных или специфических компонентов (CO_2 , H_2S , N_2 , Br, I, B, H_4SiO_4 , Rn, Fe, As, органических веществ и многих других) в концентрациях, превышающих специально разработанные критерии. Содержащие минеральные воды элементы гидрогеологического разреза (водоносные комплексы, горизонты, зоны, участки и др.), по аналогии с твердыми полезными ископаемыми, называют продуктивными. Продуктивными могут быть элементы как горно-складчатых, так и пластовых гидрогеологических систем различного возраста и строения, в связи с чем, минеральные воды характеризуются широким разнообразием минерализации, ионного, газового состава и свойств.

Минеральные подземные воды

- **Лечебными минеральными** называются воды, обладающие бальнеологическими свойствами благодаря наличию в их составе различных минеральных, органических или радиоактивных веществ, в том числе газов, в терапевтически активных концентрациях. К числу основных компонентов состава подземных вод, представляющих интерес для бальнеологии, относятся $\text{CO}_2\text{св}$, H_2S , Fe, As, Br, I, H_4SiO_4 , Rn, органические вещества. Имеют существенное значение щелочно-кислотное состояние, температура, общее содержание растворенных компонентов, а также в связи с токсичностью – повышенные концентрации некоторых ионов, в частности ряда металлов.
-

Основные показатели и нормы оценки минеральных лечебных вод

Показатели	Критерий (не менее)
Минерализация, г/л	2,0
Газонасыщенность, мл/дм ³	50
CO ₂ , г/дм ³	1,4 (купальные) 0,5 (питьевые)
H ₂ S	10
As	0,7
Fe ₄ O ₃	20
Br	25
I	5
H ₂ SiO ₃ + HSiO ₃ , мг/дм ³	50
Rn, нКи/дм ³	5

Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых токсичных и вредных веществ для питьевых минеральных вод

Компонент	ПДК, мг/дм ³	
	лечебно-столовые воды	лечебные воды
As	1,5	3,0
F	5,0	8,0
V	0,4	0,4
Hg	0,02	0,02
Pb	0,3	0,3
Sc	0,05	0,05
Cr	0,5	0,5
Ra	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$
U	0,5	0,5
NO ₂	2,0	2,0
NO ₃	50,0	50,0
NH ₄	2,0	2,0
Органические вещества (в сумме)	10,0	30,0
Фенолы	0,001	0,001

Минеральные подземные воды

- В основе воздействия на организм человека вод с различными минерализацией и составом лежат, в частности, осмотические и диффузионные явления, поскольку плазма крови представляет собой хлоридный натриевый раствор, содержащий белки и другие органические вещества, с формулой ионного состава:

$$M_{10,5-11,5} \frac{Cl66HCO_319}{Na92(Ca + Mg)7}$$

- Общая концентрация этих ионов в крови составляет около 300 ммоль/дм³, поэтому каждая вода в зависимости от ее состава может быть «гипо-», «изо»- или «гипертонической» по отношению к плазме крови, что и определяет направление осмотических и диффузионных процессов.
- В зависимости от состава изотоническими могут быть воды с минерализацией от 8,4 до 13,0 г/дм³. Воды с такой минерализацией и меньшей применяют на курортах для питья, с минерализацией 2–8 г/дм³ – в качестве лечебно-столовых, с минерализацией 10–140 г/дм³ – как купальные. При превышении этих норм вода подлежит разведению с условием сохранения кондиционности по терапевтически активным компонентам.

Минеральные подземные воды

В зависимости от состава фармакологически активных компонентов и газов минеральные воды разделены на восемь основных бальнеологических групп с подгруппами по газовому составу:

- 1) углекислые;
 - 2) сульфидные (CH_4 , N_2 или CO_2);
 - 3) железистые, мышьяковистые и др. (N_2 , CO_2);
 - 4) бромные, йодобромные и йодные (N_2 , CH_4);
 - 5) с повышенным содержанием органических веществ (N_2 , CH_4);
 - 6) радоновые (N_2 , CO_2);
 - 7) кремнистые термальные (N_2 , CH_4 , CO_2);
 - 8) без специфических компонентов и свойств – включает лечебные минеральные воды, бальнеологическое действие которых определяется составом макрокомпонентов и величиной минерализации.
-

Промышленные воды

- **Промышленными** называются воды, содержащие полезные компоненты (бром, йод, бор и др.) в количествах, обеспечивающих их рентабельную добычу и переработку с использованием современных технологий в качестве сырья для химической промышленности. Кроме указанных элементов, из подземных вод извлекают литий, рубидий, цезий, калий, магний, поваренную соль, сульфат натрия, радий, стронций, гелий и др.

Определение промышленных вод подчеркивает,

- **во-первых**, необходимость специальной оценки и обоснования минимальных концентраций полезных компонентов, позволяющих квалифицировать те или иные воды как промышленное сырье для каждого конкретного района или участка, в связи с чем устанавливаются разные абсолютные величины этих показателей для районов с различными геолого-гидрогеологическими и экономико-географическими условиями;
- **во-вторых**, необходимость пересмотра этих показателей в зависимости от уровня развития технических средств, технологии производства, спроса на данный вид минерального сырья и т.д.

Теплоэнергетические воды

- **Теплоэнергетическими** называются воды с температурой более 85°C . Однако в некоторых случаях для целей теплофикации используются также воды с температурой $20\text{--}35^{\circ}\text{C}$.
- Термальные подземные воды – нетрадиционный, самовосполняемый и экологически чистый источник энергии. Они используются
 - для выработки электроэнергии ($100\text{--}180^{\circ}\text{C}$),
 - теплофикации и горячего водоснабжения жилых и промышленных комплексов ($70\text{--}100^{\circ}\text{C}$),
 - в теплично-парниковом хозяйстве, животноводстве, рыборазведении,
 - для оттаивания многолетне-мерзлых пород,
 - в бальнеологических целях (менее 70°C).
- Попутно из термальных вод в ряде случаев извлекают ценные компоненты: Li, B, Br, I, редкие металлы и др. Разработаны различные технологические схемы создания «подземных котлов» (закачка в недра холодной и извлечение горячей воды), использования «теплообменников» для «передачи» тепла подземных вод искусственным теплоносителям и др.

Теплоэнергетические воды

По В.И. Кононову, гидротермальные ресурсы можно разделить на две крупные группы:

- 1) формирующиеся в региональном тепловом поле (пластовые воды артезианских бассейнов);
- 2) формирующиеся в аномальных геотермических условиях под влиянием магматических и вулканических процессов (трещинные и трещинно-жильные воды горно-складчатых областей).

Значительные ресурсы обладающих высоким теплоэнергетическим потенциалом парогидротерм ($100\text{--}180^\circ\text{C}$) имеются только во второй группе – в областях современного вулканизма, кайнозойской складчатости и редко – в глубоких зонах герцинских платформ. В России, например, к ним относятся районы юго-востока Камчатки, Курильских островов и Западной Сибири, где мезокайнозойские отложения на глубинах свыше $1,5\text{--}3,0$ км содержат огромные запасы вод с температурой до 150°C . Большая часть ресурсов термальных вод с температурой $70\text{--}90^\circ\text{C}$ сосредоточена в недрах горно-складчатых областей, межгорных впадин и предгорных прогибов. Большие запасы низко- и среднепотенциальных вод ($35\text{--}70^\circ\text{C}$) имеются в глубоких частях артезианских бассейнов Русской платформы, Западно-Сибирской и Скифской плит, где имеются крупные месторождения (Омское, Томское, Махачкалинское и др.).

Теплоэнергетические воды

- **Месторождением теплоэнергетических вод называется балансово-гидродинамический элемент подземной гидросферы с термальными водами, тепловой потенциал, состав, качество и запасы которых удовлетворяют технико-экономическим требованиям энергетики на современном этапе ее развития.**
- Поскольку минерализация термальных вод может изменяться от 0,3 до 200 г/дм³ и более при самом различном ионном составе, применение различных технологических схем при использовании теплоэнергетических вод для производства электроэнергии или для других целей во многом определяется их химическим составом и температурой. Наиболее экономичными являются воды с незначительной минерализацией и отсутствием агрессивных компонентов (H₂S, CO₂, NH₄ и др.). Они могут непосредственно направляться в турбины (в виде пара или пароводяной смеси), в отопительную, водопроводную сеть и т.д. При высоком содержании солей и (или) наличии агрессивных компонентов требуется промежуточный паропреобразователь, в котором тепло воды передается вторичному теплоносителю, циркулирующему в замкнутом цикле. Это более дорогие, но иногда и более рентабельные установки, позволяющие осуществлять попутное извлечение из подземных вод ценных компонентов.