

**Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»
Геолого-географический факультет
Кафедра геологии и географии**

**Дисциплина:
Гидрогеология**

К.Т.Н., доцент

Меженная Ольга Борисовна

Гомель 2018

Тема 6. Грунтовые воды и воды зоны аэрации

- 1. Подземные воды зоны аэрации.
- 2. Грунтовые воды
- 3. Движение грунтовых вод
- 4. Режим и баланс грунтовых вод

- Вопросами гидрогеологической стратификации занимается **региональная гидрогеология**, которая изучает закономерности распространения и формирования и возможности использования подземных вод в пределах конкретных территорий.
- **Основой гидрогеологического районирования** является **выделение таксонов** – гидрогеологических систем с едиными условиями формирования подземных вод, включающих области питания, распространения и разгрузки.

- 1. **водоносный слой** – слой горных пород, имеющий единые фильтрационные свойства.
- 2. **водоносный горизонт** – совокупность водоносных слоев, отсутствие внутри горизонта слабопроницаемых слоев, его относительная изоляция от смежных водоносных горизонтов,
- 3. **водоносный комплекс** - совокупность водоносных горизонтов, имеющих связь между собой
- 4. **водоносная серия** – совокупность водоносных комплексов, крупные стратиграфические одновозрастные элементы разреза осадочного чехла, характеризующиеся преимущественным распространением пород определенного литологического состава или генезиса.

1 Подземные воды зоны аэрации

- Грунтовые воды и воды зоны аэрации залегают в верхней части геологического разреза: от поверхности земли до глубин порядка 200—250 м, реже больше.
- Условия, влияющие на их формирование:
 1. климат территории,
 2. рельеф,
 3. поверхностные воды,
 4. антропогенное воздействие.

- **Зоной аэрации**, т.е. зоной неполного насыщения, называется верхняя часть разреза земной коры, ограниченная сверху поверхностью земли и снизу свободной поверхностью подземных вод первого водоносного горизонта.
- **Мощность этой зоны** изменяется практически от 0 до 200—250 м и более.

- По условиям залегания и особенностям водного режима в разрезе зоны аэрации обычно выделяют три характерных горизонта подземных вод:
 - воды почвенного слоя,
 - верховодку и
 - воды капиллярной каймы.

- Горизонт почвенных вод формируется в самой верхней части разреза вблизи от поверхности земли, мощность его чаще всего изменяется от первых десятков сантиметров до 1 — 1,5 м, реже более.
- **Степень насыщения почвенного слоя и режим почвенной влаги** определяются многими факторами:
 - выпадение жидких атмосферных осадков,
 - снеготаяние,
 - орошение,
 - таяние сезонно- или многолетнемерзлых пород,
 - конденсация,
 - испарение и транспирация и др.

■ Формируются преимущественно

1. прочносвязанные,
2. рыхлосвязанные,
3. капиллярные воды;
4. в периоды интенсивного увлажнения почвенного слоя — свободные гравитационные воды.

■ Основной вид движения почвенных вод:

- вертикальный влагоперенос под действием капиллярно-сорбционных и гравитационных сил (инфильтрация, испарение).

- Верховодкой называются локально распространённые и, как правило, непостоянно существующие скопления свободных гравитационных вод, формирующиеся на пространственно невыдержанных "водупорах" в породах зоны аэрации, выше уровня грунтового водоносного горизонта.

■ **Истощение запасов воды** в горизонтах **верховодки** (разгрузка) связано с

1. фильтрацией в нижележащие породы зоны аэрации (при сезонном прекращении питания),
2. испарением и транспирацией,
3. в ряде случаев — с интенсивным отбором воды.

- Воды капиллярной каймы связаны непосредственно со свободной поверхностью первого водоносного горизонта.
- **Мощность** капиллярной каймы (высота подъема относительно уровня грунтовых вод) определяется **гранулометрическим составом** пород зоны аэрации.

Горные породы	Высота h , см
Песок крупнозернистый среднезернистый мелкозернистый	2—3,5 12—35 5—120
Супесь	120—350
Суглинок	350—650
Глина	650—1200

■ Наличие капиллярной каймы, ее мощность и положение относительно поверхности земли имеют существенное значение для

1. формирования водного режима (влажности) пород зоны аэрации и почвенного слоя,
2. водоснабжения корневой системы растений и,
3. условий разгрузки грунтовых вод путем испарения и транспирации.

2. Грунтовые воды

- Грунтовыми водами, или грунтовым водоносным горизонтом, называется первый от поверхности земли постоянно существующий регионально распространенный водоносный горизонт со свободным уровнем.
- В отличие от верховодки существование грунтового водоносного горизонта обычно связано с наличием регионально (в пределах всего рассматриваемого района или значительной его части) распространенного пласта слабопроницаемых пород.

- На участках, где в верхней части водоносного горизонта распространены линзы слабопроницаемых пород, покровные слабопроницаемые отложения, или водоносный горизонт фиксируется горными выработками ниже их подошвы, наблюдается избыточное гидростатическое давление - в этом случае подземные воды называются **водами с местным напором, или субнапорными.**
- Глубина залегания от 10 до 250 м в зависимости от вида горных пород.

■ 3. Движение грунтовых вод

- Питание и разгрузка грунтовых вод, являющиеся основными элементами водного баланса любого водоносного горизонта, **определяют**
 1. **поступление** воды в горизонт,
 2. **накопление** запасов подземных вод,
 3. **отток и расходование** (сработку) запасов подземных вод данного водоносного горизонта

■ **Питание грунтовых вод** в общем случае осуществляется при

1. инфильтрации атмосферных осадков,
2. конденсации,
3. поглощении поверхностных вод,
4. притоке из нижележащих горизонтов,
5. искусственном питании грунтовых вод.

■ Под ***инфильтрацией*** понимается процесс просачивания свободной гравитационной воды от поверхности земли до уровня грунтового водоносного горизонта.

■ Единица измерения мм/сут, мм/мес, мм/год, л/с • км².

- **Величина инфильтрационного питания** грунтовых вод в общем случае определяется
- 1. интенсивностью увлажнения поверхности земли,
- 2. строением и составом пород зоны аэрации,
- 3. температурным режимом,
- 4. влажностью пород зоны аэрации,
- 5. видом растительности и др.

■ **Интенсивность увлажнения** поверхности земли определяется количеством воды, поступающим на нее

1. в виде жидких **атмосферных осадков**,
2. при **таянии снега**,
3. сельскохозяйственных **поливах**;
4. **рельефом** поверхности, определяющим условия склонового стекания и накопления влаги в понижениях рельефа;
5. **интенсивностью испарения влаги** с поверхности земли, зависящей от температуры воздуха и поверхности почвы, ветрового режима и характера растительности.

- **Основные объемы** инфильтрационного питания формируются, как правило, при интенсивном увлажнении поверхности земли **в холодные периоды года с минимальными величинами испарения:** весенне-осенний период, в южных районах — зимний, а также в период весеннего снеготаяния.

- Формирование **конденсационного питания** грунтовых вод связано с процессом образования свободной гравитационной (вероятно, капиллярно- и рыхлосвязанной) воды за счет молекул водяного пара, содержащегося в воздухе, заполняющем свободное пространство в минеральном скелете пород зоны аэрации.
- **Основной объем** конденсационного питания грунтовых вод формируется в летний период года.

- Более интенсивно этот процесс протекает в условиях, когда строение и структура скважности обуславливают относительно свободное поступление в породы зоны аэрации влажного воздуха с поверхности земли.
- Конденсационное питание может составлять в среднем до 30% от общего годового питания грунтовых вод.

■ Поглощение поверхностных вод

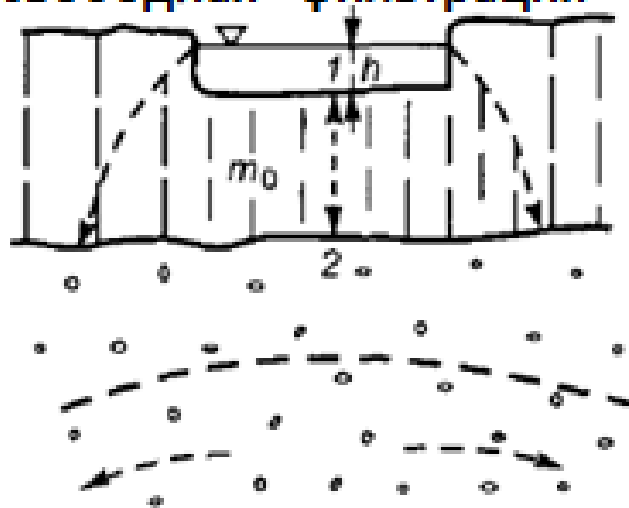
формируется на участках, где уровень воды в поверхностных водоемах и водотоках располагается гипсометрически выше уровня подземных вод первого водоносного горизонта.

■ Такие условия наиболее характерны для

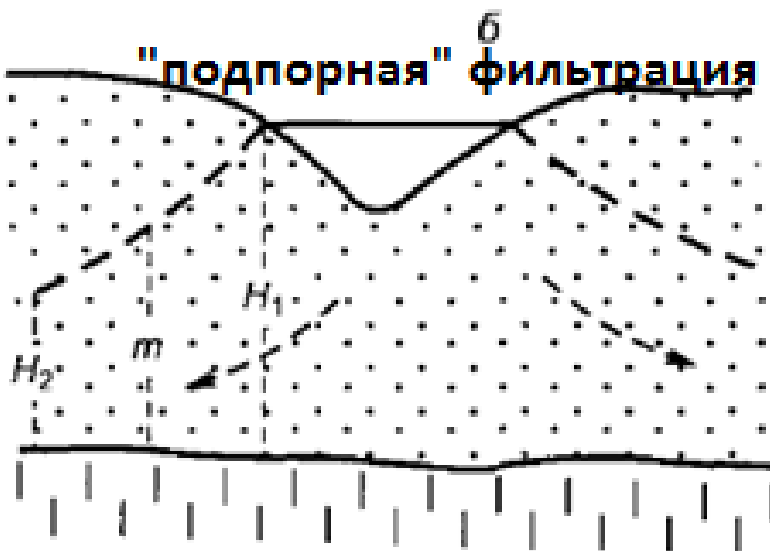
1. центральных частей высоких междуречных пространств,
2. предгорных равнин,
3. возвышенных участков горного рельефа,
4. районов распространения карста и др.

- Могут быть выделены три различные схемы поглощения:
- 1) с отсутствием гидравлической связи поверхностных и подземных вод,
- 2) с наличием гидравлической связи при постоянном положении поверхностных вод выше уровня грунтового водоносного горизонта,
- 3) с наличием гидравлической связи при периодическом положении поверхностных вод выше уровня грунтового водоносного горизонта.

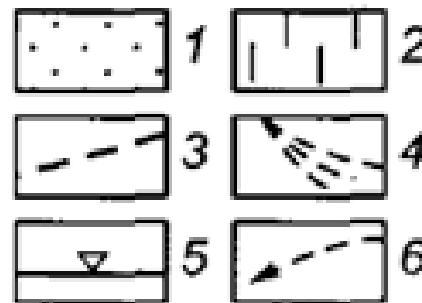
"свободная" фильтрация



"подпорная" фильтрация

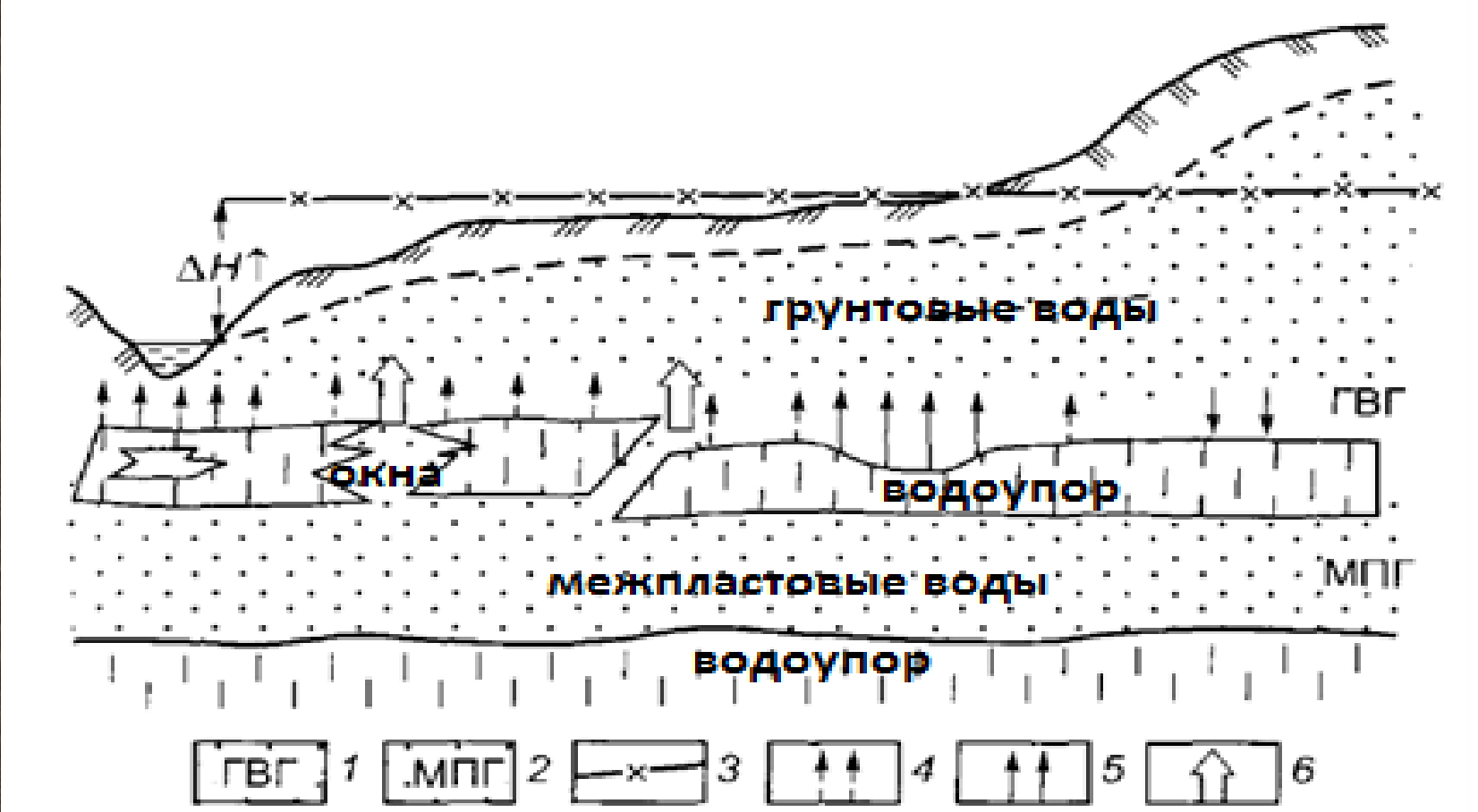


периодического питания



- 1 — проницаемые (водоносные) породы; 2 — слабопроницаемые породы;
- 3 — уровень грунтовых вод; 4 — положение уровня грунтовых вод на различные периоды времени при "мгновенном" подъеме уровня поверхностных вод;
- 5 — уровень поверхностных вод; 6 — направления движения грунтовых вод

■ Питание грунтовых вод за **счет восходящей фильтрации** из нижележащих горизонтов возможно на участках, где пьезометрическая поверхность напорных вод устанавливается выше уровня грунтового водоносного горизонта.



- В качестве *ИСКУССТВЕННОГО ПИТАНИЯ* грунтовых вод следует рассматривать питание, формирующееся в связи с инженерно-хозяйственными мероприятиями, непосредственной целью которых является увеличение запасов грунтовых вод.
- **Основные мероприятия** этого типа:
- создание инфильтрационных бассейнов,
- поглощающих колодцев,
- нагнетательных скважин и др.

- **Разгрузка** грунтовых вод осуществляется в виде
 - родников,
 - фильтрацией в русла рек или дно водоемов при наличии гидравлической связи грунтовых и поверхностных вод,
 - путем испарения,
 - перетеканием в нижележащие водоносные горизонты, искусственным путем.

- **Родниками** (источниками) называются естественные выходы подземных вод (в том числе грунтовых) на поверхность земли.
- **По характеру и условиям выхода** собственно грунтовых вод на поверхность земли источники подразделяются на
 1. контактовые,
 2. эрозионные,
 3. экранированные,
 4. субфлювиальные,
 5. субаквальные.

- **Контактные** выходы грунтовых вод (родники) образуются в том случае, когда эрозионные врезы вскрывают контакт водоносных пород (грунтового горизонта) с подстилающими слабопроницаемыми породами.
- **Эрозионные** (правильнее — депрессионные) источники образуются, когда эрозионные врезы вскрывают уровень грунтовых вод, не прорезая весь водоносный горизонт до подстилающего водоупора

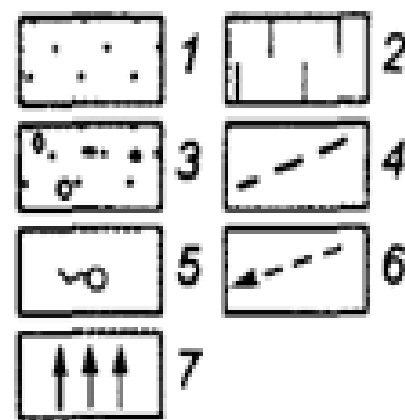
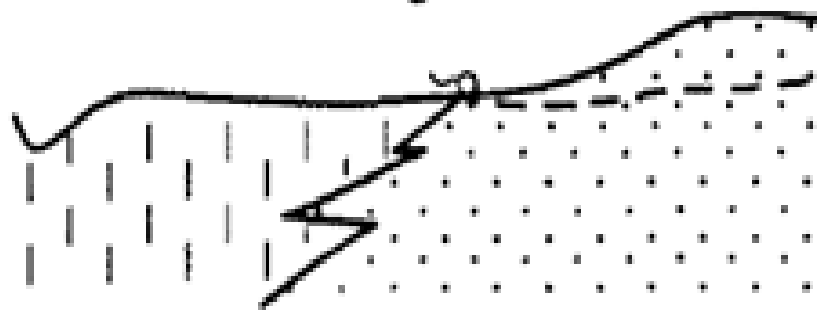
- **Экранированные** выходы (источники) грунтовых вод формируются в условиях, когда поток грунтовых вод (по направлению движения) достигает границы распространения слабопроницаемых пород (экрана).
- **Субфлювиальными** называются выходы грунтовых вод, перекрытые рыхлыми склоновыми отложениями, которые образуются главным образом при контактовых формах разгрузки.

- *Субаквальными* родниками называются сосредоточенные выходы подземных вод (групповые выходы, пластовая разгрузка и др.), формирующиеся в руслах рек или на дне водоемов ниже уровня поверхностных вод.

а
контактный



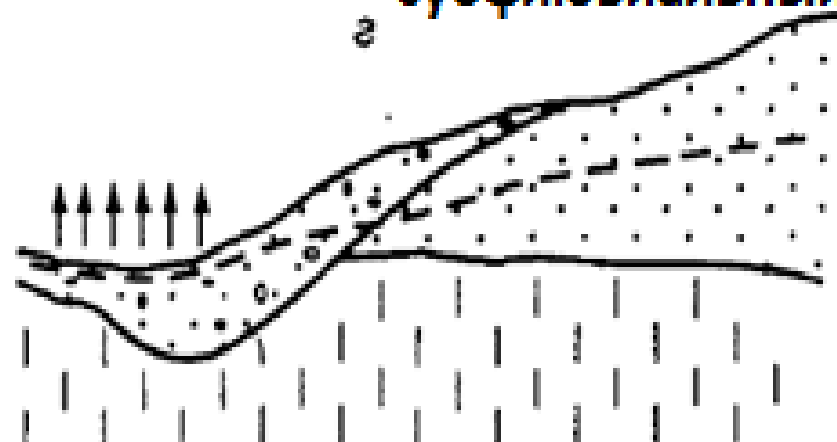
б **экранированный**



в **эрозийные**



г **субфлювиальный**



- 1 - проницаемые (водоносные) породы; 2 – слабопроницаемые породы; 3 - рыхлые склоновые образования; 4 – уровень грунтовых вод; 5 - родник; 6 - направление движения грунтовых вод; 7 - разгрузка грунтовых вод испарением

■ **Источники по величине дебита**
подразделяются на

1. **малодебитные** (менее 1 л/с),
2. **среднедебитные** (1 — 10 л/с),
3. **высокодебитные** (более 10 л/с).

- Испарение является одним из основных видов разгрузки на участках с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод.
- Разгрузка грунтовых вод в может осуществляться тремя путями:
- испарением с поверхности почвы, когда капиллярная кайма, формирующаяся над уровнем грунтовых вод, достигает почвенного слоя (**испарение с капиллярной каймы**);
- испарение в породы зоны аэрации при глубоком залегании уровня грунтовых вод (**внутригрунтовое испарение**);
- поглощение воды корневой системой растений в случае, если она достигает уровня грунтовых вод или поверхности капиллярной каймы (**транспирация**).

- Разгрузка грунтовых вод *за счет перетекания* в нижележащие горизонты возможна на участках, где уровень грунтового водоносного горизонта залегает гипсометрически выше пьезометрической поверхности более глубоких подземных вод.
- *Искусственная* разгрузка грунтовых вод формируется на участках, где уровень водоносного горизонта вскрывается горными выработками или любыми техногенными понижениями, создаваемыми на поверхности земли (шахты, карьеры, котлованы, дорожные выемки и др.).

4. Режим и баланс грунтовых вод

- Уравнение водного баланса подземных вод

- $$W + K + Q_{\text{пов}} + Q_{\text{н}} + W_{\text{и}} + Q_{\text{гр}} - P_{\text{пов}} - Z_{\text{исп}} - Q_{\text{н}} - P_{\text{иск}} - Q_{\text{гр}} = \mu \frac{\Delta H}{\Delta t} F$$

- где W — инфильтрационное питание грунтовых вод;
- K — конденсация;
- $Q_{\text{пов}}$ — поглощение поверхностных вод;
- $Q_{\text{н}}$ — приток из нижележащих водоносных горизонтов;
- $W_{\text{и}}$ — искусственное питание;

- $+Q_{гр}$ — приток грунтовых вод из смежного элемента потока;
- $R_{пов}$ — разгрузка грунтовых вод на поверхность;
- Z исп — разгрузка суммарным испарением;
- $Q_{низ}$ — перетекание в нижележащий водоносный горизонт;
- $R_{иск}$ — искусственная разгрузка;
- $Q_{гр}$ — отток грунтовых вод в смежный элемент потока (все элементы уравнения могут быть выражены в единицах расхода: $м^3/сут$, $м^3/год$ и т.д; или слоя воды, рассчитанного на площадь участка: $мм/год$, $мм/сут$ и т.д.);
- μ — гравитационная емкость водовмещающих пород (недостаток насыщения при подъеме или водоотдача при понижении уровня грунтовых вод);

- ΔH — изменение уровня грунтовых вод в рассматриваемом элементе потока за расчетный период Δt (мм, м);
- F — площадь участка (м^2 , км^2).

- Оценку обычно проводятся **для участков или периодов года**, в пределах которых отдельные элементы водного баланса грунтового горизонта равны нулю (например, $(Q_{\text{пов}} = 0; Z_{\text{исп}} = 0$ и т.д.)

$$W_n - P \pm Q_n \pm \Delta Q_{\text{гр}} \pm Q_э = \mu \Delta H F$$

- где $W_n = (W + K + Q_{\text{пов}} + W_w)$ — суммарное питание грунтовых вод с поверхности;
- $P = (Z_{\text{исп}} + P_n)$ — разгрузка грунтовых вод на поверхность;
- $\pm Q_n$ — приток (+) из нижележащих горизонтов или отток (-) в нижележащие горизонты;
- $\pm \Delta Q_{\text{гр}}$ — разность притока и оттока по грунтовому водоносному горизонту;
- $Q_э$ — эксплуатация грунтовых вод.

- Каждая граница (участок границы) балансового элемента водоносного горизонта должна быть охарактеризована значением расхода ($\pm Q$) или условием $Q = 0$.