

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ БССР  
БЕЛАРУССКИЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
по ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСЧЕТНОГО УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ  
ВОД ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Минск 1974

УДК 625.76

Написаны основные положения по установлению расчетного уровня грунтовых вод для условий западных районов П и ю дорожно-климатических зон СССР.

Приведена методика определения расчетного уровня грунтовых вод, позволяющая устанавливать его величину по данным разовых измерений УГВ в процессе изыскания дорог.

Белорусский дорожный научно-исследовательский институт  
(БелдорНИИ), 1974

## **Предисловие**

Ежегодно в весенний период на отдельных участках дорог деформируется дорожная одежда из-за недостаточной несущей способности земляного полотна.

Потеря устойчивости земляного полотна возникает в результате переувлажнения грунтов, происходящего обычно за счет капиллярного влагонакопления от близко залегающих грунтовых вод.

Требования СНиП II-Д.5-72 по возвышению низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых вод часто не выдерживаются лишь потому, что в процессе изысканий был зафиксирован фактический уровень грунтовых вод, который, как правило, ниже расчетного.

Настоящие Методические рекомендации позволяют проектным организациям устанавливать расчетный уровень грунтовых вод при назначении высоты насыпи по данным изысканий.

Методические рекомендации разработаны на основе результатов исследовательских работ, проведенных сектором водно-теплового режима БелдорНИИ в 1970-1974 гг. на сети постоянно действующих наблюдательных постов, расположенных на автомобильных дорогах, находящихся в различных условиях увлажнения.

При составлении методических рекомендаций использованы материалы многолетних наблюдений за уровнем грунтовых вод на опорной сети Белорусского геологического гидрологического треста Управления геологии при СМ БССР.

Методические рекомендации разработаны руководителем сектора водно-теплового режима БелдорНИИ, канд.техн.наук Р.З.Порицким и младшим научным сотрудником В.Н.Корюковым.

## Общие положения

1. Проектирование земляного полотна автомобильных дорог осуществляют в соответствии с положениями СНиП II - Д. 5 - 72, Инструкции по сооружению земляного полотна автомобильных дорог ( ВСИ 97 - 63), типовых проектов сооружений на автомобильных дорогах (вып. I4 - 64).

Настоящие Рекомендации используют для установления расчетного уровня грунтовых вод при назначении возвышения низа дорожной одежды в западных районах II и III дорожно-климатических зон (западные линии, соединяющей Воронеж, Орел, Смоленск, Псков).

Грунтовыми водами, оказывающими влияние на устойчивость земляного полотна, называют первый от поверхности земли водоносный слой в котором все поры грунта заполнены водой (зона насыщения). От зоны насыщения до поверхности земли (зона аэрации) степень увлажнения грунта изменяется. Над зоной насыщения находится слой грунта увлажненный капиллярной влагой, поднимающейся за счет сил смачивания по капиллярам грунта. Капиллярная влага гидравлически связана с грунтовой водой, поэтому высота капиллярного увлажнения грунта изменяется с изменением уровня грунтовых вод.

При проектировании земляного полотна необходимо вывести зону промерзания грунта из сферы капиллярного увлажнения за счет возвышения низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых вод.

2. На продольный профиль проектируемой дороги наносят данные фактических замеров уровня грунтовых вод в период изысканий и расчетный уровень, определенный в соответствии с настоящими Рекомендациями. Выделяют участки, на которых необходимо снизить влагонакопление в грунтах, с учетом безопасной глубины залегания грунтовых вод, при которой они не оказывают существенного влияния на увлажнение активной зоны земляного полотна (табл.I).

Если низ дорожной одежды не удается возвысить над уровнем грунтовых вод на сезонную высоту, следует назначать специальные меры по осушению земляного полотна.

Таблица I

Грунт	Район	безопасная глубина залегания грунтовых вод, м
Глины, суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	I	3,6
	II	3,4
	III	3,2
Суглинки легкие и легкие пылеватые, супеси пылеватые и тяжелые пылеватые	I	3,2
	II	3,0
	III	2,7
Супеси легкие, легкие крупные, пески пылеватые	I	2,5
	II	2,3
	III	2,2

Примечание. I, II, III — дорожно-климатические районы согласно "Указаниям по проектированию земляного полотна автомобильных дорог в Полесье" (Минск, 1973).

3. В западных районах СССР в зоне аэрации до 1,5 м четко выражены два подъема: зимне-весенний и осенний (рис. I).

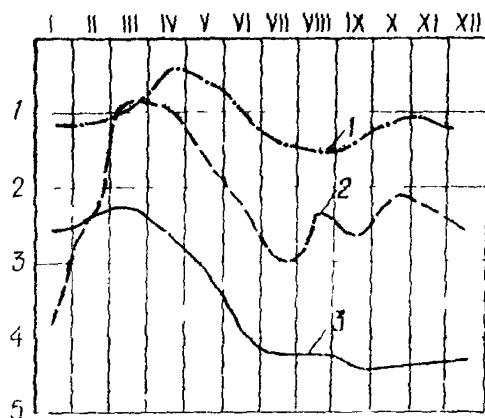


Рис. 1. Графики колебаний уровней грунтовых вод с различными режимами: 1 — с мощностью зоны аэрации 0,5 — 1,0 м; 2 — то же I — 3 м; 3 — то же свыше 3 м

По мере увеличения мощности зоны аэрации величина осеннего подъема уровня грунтовых вод уменьшается и при  $H > 3$  м осеннего подъема не наблюдается. В зоне аэрации до 3 м (рис.2) для западных районов II и III дорожно-климатических зон характерен дополнительный зимний подъем грунтовых вод, обусловленный наличием продолжительных зимних оттепелей. Величина и продолжительность подъема грунтовых вод в период оттепелей практически равны весеннему подъему (см.рис.2). Влияние подъема грунтовых вод в период оттепелей на величину увлажнения грунтов значительное. В этот период происходит интенсивное влагонакопление за счет миграции влаги от близко залегающих грунтовых вод.

На основе анализа сезонного колебания грунтовых вод для условий запада II и III дорожно-климатических зон за расчетный уровень грунтовых вод при проектировании дорог следует принимать максимальный многолетний зимне-весенний уровень, наблюдавшийся в данной местности.

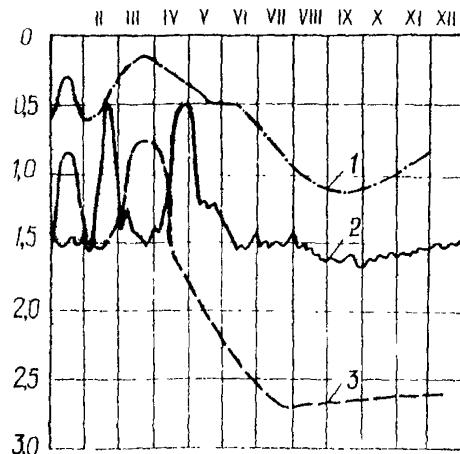


Рис.2. График колебаний уровней грунтовых вод: 1 — по материалам Белорусского гидрологического треста; 2 — по данным ВСЕГИАГЕО; 3 — по данным БелдорНИИ

## Методы установления расчетного уровня грунтовых вод

4. Расчетный (максимальный) уровень грунтовых вод может быть установлен визуальными наблюдениями, методами "аналога" и математической статистики.

5. Метод визуальных наблюдений включает три способа установления расчетного уровня грунтовых вод: геоботанический; фиксацией верхней границы оглеения; наблюдениями на гидрологических постах.

Геоботанический метод основан на соответствии определенных видов растений грунтовым и гидрогеологическим условиям местности. В "Указаниях по проектированию земляного полотна автомобильных дорог в Полесье" приведена таблица распространения лесных пород в зависимости от вида грунта, характера и степени увлажнения, которой следует пользоваться в процессе изысканий. При этом необходимо учитывать, что признаками избыточного увлажнения грунтов являются оглеение и оторцовывание связных грунтов и наличие ортзандовых прослоек в песках. Этот метод используют при изысканиях для составления ТЭО.

Установить расчетный уровень грунтовых вод можно фиксацией верхней границы оглеения грунтов. По внешнему виду оглеение представляет собой отдельные, обычно вытянутые пятна различной величины, карманы, потеки сизовато-зеленовато-голубоватого цвета. Верхнюю границу оглеения фиксируют в разведочных выработках, которые размещают в соответствии с "Указаниями по инженерно-геологическим обследованиям при изысканиях автомобильных дорог" (М., Союздорпроект, 1963). В местах, где зафиксирована верховодка, за расчетный уровень грунтовых вод следует принимать поверхность земли.

6. Расчетный уровень грунтовых вод может быть установлен постоянными наблюдениями за динамикой грунтовых вод в районе строительства дороги. С этой целью на характерных участках местности организуют гидрологические посты, оборудованные специальными колодцами, в которых измеряют уровень грунтовых вод. Правила оборудования постов и методы измерения изложены в "Инструктивных указаниях по организации и производству наблюдений за режимом подземных вод" (М., 1955).

7. Расчетный уровень грунтовых вод методом "аналога" устанавливают следующим образом:

- определяют глубину залегания грунтовых вод на трассе дороги;
- по данным геолого-гидрологической службы Министерства геоло-

гии СССР отыскивают гидрологический пост или станцию, ведущую наблюдения за грунтовыми водами в районе изыскания дороги и находящуюся в аналогичных гидротехнических условиях;

— для гидрологического поста "аналога" выбирают данные о глубине залегания грунтовых вод в момент их определения на трассе дороги и расчетный уровень для этого поста;

— устанавливают расчетный уровень грунтовых вод по зависимости

$$\frac{H_{tr}^p}{H_{\pi}^p} = \frac{H_{tr}^{izm}}{H_{\pi}^{izm}}, \quad (1)$$

где  $H_{tr}^p$  — расчетный уровень грунтовых вод на трассе;

$H_{\pi}^p$  — расчетный уровень грунтовых вод по данным многолетних наблюдений на гидрологическом посту;

$H_{tr}^{izm}$  — глубина залегания грунтовых вод, измеренная на трассе дороги;

$H_{\pi}^{izm}$  — глубина залегания грунтовых вод на гидрологическом посту измеренная в тот же день, что и на трассе дороги.

Если на гидрологическом посту ведутся наблюдения за грунтовыми водами более 10 лет, величину  $H_{\pi}^p$  устанавливают по зависимости

$$H_{\pi}^p = H_{\pi}^{cp} - t\delta, \quad (2)$$

где  $H_{\pi}^{cp}$  — средний из максимальных уровней грунтовых вод за  $n$  лет наблюдений;

$t$  — нормированное отклонение уровня грунтовых вод от среднего при заданной обеспеченности (табл.2).

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_{\pi}^i - H_{\pi}^{cp})^2}{n-1}} \text{ — среднее квадратическое отклонение;}$$

$H_{\pi}^i$  — максимальный уровень грунтовых вод за каждый  $i$ -й год наблюдений;

$n$  — число лет наблюдений.

Для дорог с усовершенствованными типами покрытий расчеты ведут с 5-ной обеспеченностью (повторяемость расчетного уровня один раз в 20 лет), для дорог с переходными типами покрытий — с 10%-ной обеспеченностью (повторяемость — один раз в 10 лет).

Т а б л и ц а 2

<i>n</i>	<i>I</i>	Значения <i>t</i> при обеспеченности, <i>n</i> -1		Значения <i>t</i> при обеспеченности, <i>n</i>		<i>n</i> -1	Значения <i>t</i> при обеспеченности.
		5	10	5	10		
9	2,26	1,833	17	4,11	1,740	25	2,05
10	2,23	1,812	18	2,16	1,734	26	2,06
11	2,20	1,796	19	2,09	1,729	27	2,05
12	2,13	1,782	20	2,09	1,725	28	2,05
13	2,16	1,771	21	2,03	1,721	29	2,04
14	2,14	1,761	22	2,07	1,717	30	2,04
15	2,13	1,753	23	2,07	1,714	40	2,02
16	2,12	1,746	24	2,06	1,711	60	2,00
						120	1,98
							1,658

3. Ориентировочный расчетный уровень грунтовых вод может быть установлен, если вблизи трассы дороги имеется питьевой колодец. В этом случае измеряют одновременно глубину залегания грунтовых вод от поверхности земли на трассе дороги и в колодце. Затем на срубе колодца отыскивают следы, характеризующие наивысшее положение уровня, и измеряют его глубину от поверхности земли. Расчетный уровень грунтовых вод определяют по зависимости (I) без установления вероятности (обеспеченности) его превышения за ряд лет.

9. Статистические методы позволяют устанавливать расчетный уровень грунтовых вод по данным наблюдений за основными факторами, оказывающими влияние на колебания грунтовых вод.

При прогнозировании расчетного уровня в районах избыточного увлажнения использованы следующие данные: минимальный уровень грунтовых вод, наблюдаемый в августе-октябре, суммарные жидкие осенние и твердые зимние осадки.

Уравнение множественной корреляции для трехфакторной зависимости имеет вид

$$H_p = K_0 + K_1 H_{min} + K_2 Q_{oc} + K_3 Q_3 , \quad (3)$$

где  $H_p$  — прогнозируемый расчетный уровень грунтовых вод;

$H_{min}$  — минимальный осенне-летний уровень грунтовых вод;

$Q_{oc}$  — суммарное количество осенних осадков;

$Q_3$  — суммарное количество зимних осадков;

$K_0, K_I, K_2, K_3$  — коэффициенты, определяемые по уравнениям

$$K_0 = H_{max}^{op} - K_I H_{min}^{op} - K_2 Q_{oc}^{op} - K_3 Q_3^{op}; \quad (4)$$

$$K_I = \frac{[H_{min} \cdot H_p]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} - \left( \frac{[d_{min} \cdot Q_{oc}]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} K + \frac{[H_{min} \cdot Q_3]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} K_3 \right); \quad (5)$$

$$K_2 = \frac{[Q_{oc} \cdot H_p \cdot I]}{[Q_{oc} \cdot Q_{oc} \cdot I]} - \frac{[Q_{oc} \cdot Q_3 \cdot I]}{[Q_{oc} \cdot Q_{oc} \cdot I]} K_3; \quad (6)$$

$$K_3 = \frac{[Q_3 \cdot H_p \cdot 2]}{[Q_3 \cdot Q_3 \cdot 2]}. \quad (7)$$

Для нахождения коэффициентов по зависимостям (4-7) устанавливают величины их определятелей по следующим уравнениям:

$$[Q_{oc} \cdot H_p \cdot I] = [Q_{oc} H_p] - \frac{[H_{min} \cdot Q_{oc}]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} [H_{min} \cdot H_p];$$

$$[Q_3 \cdot H_p \cdot I] = [Q_3 H_p] - \frac{[H_{min} \cdot Q_3]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} [H_{min} \cdot H_p];$$

$$[Q_{oc} \cdot Q_{oc} \cdot I] = [Q_{oc} \cdot Q_{oc}] - \frac{[H_{min} \cdot Q_{oc}]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} [Q_{oc} \cdot Q_{oc}]; \quad (8)$$

$$[Q_{oc} \cdot Q_3 \cdot I] = [Q_{oc} \cdot Q_3] - \frac{[H_{min} \cdot Q_{oc}]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} [H_{min} \cdot Q_3];$$

$$[Q_3 \cdot Q_3 \cdot I] = [Q_3 \cdot Q_3] - \frac{[H_{min} \cdot Q_3]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} [H_{min} \cdot Q_3];$$

$$[Q_3 \cdot H_p \cdot 2] = [Q_3 \cdot H_p \cdot I] - \frac{[Q_{oc} \cdot Q_3 \cdot I]}{[Q_{oc} \cdot Q_{oc} \cdot I]} [Q_{oc} \cdot H_p \cdot I];$$

$$[Q_3 \cdot Q_3 \cdot 2] = [Q_3 \cdot Q_3 \cdot I] - \frac{[Q_{oc} \cdot Q_3 \cdot I]}{[Q_{oc} \cdot Q_{oc} \cdot I]} [Q_{oc} \cdot Q_3 \cdot I].$$

В уравнениях (8)  $H_p, H_{min}, Q_{oc}, Q_3$  — разности между частным значением этого переменного и соответствующим средним значением для ряда наблюдений. Величины в квадратных скобках, например  $[H_{min} \cdot Q_{oc}]$ , являются суммой произведений соответствующих разностей.

10. Для определения  $H_p$  по уравнению (3) используют данные о минимальном уровне грунтовых вод в осенне-зимний период ( $H_{min}$ ). Изыскания дорог могут выполняться в любой месяц года, поэтому установление связи между  $H_{min}$  и измеренным на трассе уровнем производят методом парной корреляции по зависимости

$$H_{min} - H_{min}^{cp} = Z \delta (H_{izm} - H_{cp}) \quad (9)$$

где  $H_{min}^{cp}$  — среднестатистический минимальный многолетний уровень грунтовых вод;

$Z$  — коэффициент корреляции, оценивающий тесноту связи и определяемый по уравнению

$$Z = \frac{\sum (H_{min} - H_{min}^{cp})(H_{izm} - H_{cp})}{\sqrt{\sum (H_{min} - H_{min}^{cp})^2} \sqrt{\sum (H_{izm} - H_{cp})^2}} ;$$

$\delta$  — среднеквадратическое отклонение прогнозируемых уровней;

$$\delta = \frac{\sigma_{H_{min}}}{\sigma_{H_{izm}}} ,$$

откуда  $\delta_{H_{min}} = \sqrt{\frac{\sum (H_{min} - H_{cp})^2}{n-1}}$  ;

$$\delta_{H_{izm}} = \sqrt{\frac{\sum (H_{izm} - H_{cp})^2}{n-1}} .$$

Здесь  $H_{izm}$  — измеренный уровень грунтовых вод на трассе;

$H_{cp}$  — среднестатистический многолетний уровень грунтовых вод в месяц измерения его на трассе.

Среднестатистические значения  $H_{min}^{cp}$  и  $H_{cp}$  вычисляли по всем скважинам за многолетие с доверительной вероятностью 0,9.

II. Точность и достоверность полученных результатов проверяют с помощью коэффициента корреляции  $R$  из зависимости

$$R = \sqrt{1 - \frac{[H_p H_p \cdot 3]}{[H_p H_p]}} \quad (10)$$

Коэффициент  $R$  устанавливают с помощью определителей, приведенных в уравнениях (8) и (II).

$$\begin{aligned}
 [H_p \cdot H_p \cdot I] &= [H_p \cdot H_p] - \frac{[H_{min} \cdot H_p]}{[H_{min} \cdot Q_{oc}]} [H_{min} \cdot H_p] \\
 H_p \cdot H_p \cdot 2 &= H_p \cdot H_p \cdot I - \frac{[Q_{oc} \cdot H_p \cdot I]}{[Q_{oc} \cdot Q_{cc} \cdot I]} [Q_{oc} \cdot H_p \cdot I]; \quad (II) \\
 [H_p \cdot H_p \cdot 3] &= [H_p \cdot H_p \cdot 2] - \frac{[Q_3 \cdot H_p \cdot 2]}{[Q_3 \cdot Q_3 \cdot 2]} [Q_3 \cdot H_p \cdot 2]
 \end{aligned}$$

12. Применение статистических методов возможно лишь для генетически однородных условий формирования режима грунтовых вод. Статистическую обработку различных видов и разновидностей режима, обусловленных влиянием геологического строения района, рельефа и его расчлененности, температуры воздуха, мощности и состава зоны аэрации, близлежащих водоемов, осуществляли раздельно.

Выделили три района: северный, центральный и южный (Полесье) (см. "Указания по проектированию земляного полотна автомобильных дорог в Полесье"). Внутри каждого района выделяли участки, отличающиеся друг от друга по условиям питания грунтовых вод. К пойменным относили те, где на режим грунтовых вод оказывают влияние близлежащие водоемы, остальные — к междууречьям. Затем каждый участок разбивали на типы местности по характеру и степени увлажнения (в зависимости от толщины зоны аэрации). К первому типу местности (сухие места) относили участки с глубиной залегания грунтовых вод от 3 до 5 м, ко второму (сырые места) — от 1 до 3 м и к третьему (мокрые места) — до 1 м.

13. Статистическую обработку выполняли по изложенной методике для 65 гидрологических постов с периодом наблюдений не менее 10 лет. Результаты расчетов сведены в таблицы 3, 4, 5. В табл. 3 даны значения коэффициентов  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  для вычисления расчетного уровня грунтовых вод по зависимости (3), в табл. 4 — значения величин, входящих в уравнение для расчета минимального уровня грунтовых вод  $H_{min} = H_{min}^{CP} + C (H_{izam} - H_{CP})$ , в табл. 5 — расчетное количество осенних и зимних осадков. Порядок пользования таблицами иллюстрируется примерами расчета.

14. Гидрологические посты организованы в местах залегания наиболее распространенных разновидностей грунтов на территории БССР (пески мелкие и пылеватые: супеси легкие, легкие пылеватые и пылеватые). Для других разновидностей грунтов пригноз  $H_p$

следует производить по методам, изложенным ранее.

Для облегчения расчетов составлена программа для ЭВМ "Проминь", которую Белдоргий.Л может выслать по требованию.

Т а б л и ц а 3

Район	Участок	Глубина грунтовых вод в по- риод изыс- каний, м	Значения коэффициентов			
			$K_0$	$K_1$	$K_2$	$K_3$
I и II	междуречье	I-3	0,17	0,57	-0,001	-0,001
		3-5	1,80	0,70	-0,008	-0,004
	в пойме рек	0-I	0,62	0,39	0,0	-0,003
		I-3	0,67	0,37	-0,0007	-0,007
III	междуречье	I-3	0,41	0,65	-0,0006	-0,40
		3-5	-	-	-	-
	в пойме рек	I-3	1,22	0,42	-0,002	-0,004

Примечания. 1.  $H_p$  вычисляют для конкретных условий по зависимости (3) с применением соответствующих коэффициентов.

Величину  $H_{min}$  вычисляют по зависимости (9) и коэффициентам, приведенным в табл.4.  $Q_{oc}$  и  $Q_3$  выбирают по табл.5 для ближайшей к району строительства метеорологической станции.

2. При вычислении расчетного уровня грунтовых вод для случая залегания их в период изысканий от 0 до I м могут быть получены отрицательные значения. Тогда за расчетный уровень грунтовых вод следует принимать поверхность земли.

Таблица 4

Район	Участок	Глуби- на грун- товых вод в	Значения величин, входящих в уравнение, которые выбирают для проведения изысканий в												
			март			апрель			июнь			июль			
период изыс- ка- ний, м	$H_{ср}$	$C$	$H_{ср}$	$C$	$H_{ср}$	$H_{ср}$	$C$	$H_{ср}$	$C$	$H_{ср}$	$C$	$H_{ср}$	$C$	$H_{ср}$	
III	в пойме рек	между- речье	I-3	2,2I	0,88	$0,58 \pm 2,03$	2,2I	0,87	$0,79 \pm 2,17$	2,2I	0,98	$1,04 \pm 2,31$	2,2I	0,94	I,II+2,47
			3-5	4,36	0,62	$3,00 \pm 4,60$	4,36	0,72	$2,92 \pm 4,48$	4,36	0,78	$3,23 \pm 4,75$	4,36	0,59	$3,30 \pm 4,83$
IV	в пойме рек	I-II	0-I	0,88	I,I	$0,15 \pm 0,61$	0,88	0,83	$0,18 \pm 0,86$	0,88	0,92	$0,33 \pm 0,99$	0,88	0,83	$0,28 \pm 1,16$
			I-3	1,98	0,83	$0,56 \pm 2,02$	I,96	0,84	$0,73 \pm 2,05$	I,98	0,85	$0,95 \pm 2,23$	I,98	0,88	$0,98 \pm 2,36$
I и II	в пойме рек	между- речье	I-3	1,96	0,91	$0,68 \pm 1,86$	I,96	0,91	$0,83 \pm 1,99$	I,96	0,98	$1,04 \pm 2,16$	I,96	0,81	I,I3+2,31
			3-5	4,34	0,44	$3,II \pm 4,33$	4,34	0,73	$3,27 \pm 4,26$	4,34	0,72	$3,41 \pm 4,27$	4,34	0,74	$3,53 \pm 4,47$
			I-3	I,87	0,61	$0,47 \pm 1,69$	I,87	0,73	$0,61 \pm 1,87$	I,87	0,85	$0,82 \pm 2,12$	I,87	0,83	$0,96 \pm 2,23$

Примечания. 1. При подсчете минимального уровня грунтовых вод меньшие значения  $H_{ср}$  следует принимать в случае, когда количество осадков в месяц, предшествующий изысканиям, больше нормы не менее чем на 15-20%, средние значения — когда близко к норме и большие значения — когда меньше нормы не менее чем на 15-20%.

2. Под нормой для конкретной метеорологической станции подразумевается многолетнее количество осадков, выпавших в определенном месяце.

Т а б л и ц а 5

№ п.п.	Станция	Расчетное количество осадков	
		осенних, мм	зимних, мм
I.	Полоцк	180	180
2.	Витебск	200	200
3.	Орша	170	180
4.	Вилейка	190	210
5.	Борисов	210	230
6.	Минск	180	240
7.	Лида	160	220
8.	Могилев	180	250
9.	Гродно	180	210
10.	Новогрудок	200	250
II.	Бобруйск	190	240
I2.	Барановичи	180	220
I3.	Жлобин	160	200
I4.	Ивацевичи	190	240
I5.	Гомель	150	250
I6.	Житковичи	170	230
I7.	Пинск	170	180
I8.	Брест	180	230
I9.	Брагин	180	220

Примечание. Расчетное количество осадков приведено с 5%-ной  
обеспеченностью.

## Примеры расчета

Пример I. При проектировании строительства дороги II технической категории в процессе изысканий на участке дороги 15 мая обнаружены грунтовые воды на глубине 1,8 м от поверхности земли. Определить расчетный уровень грунтовых вод, если известно, что в районе изысканий имеется гидрологический пост, находящийся в сходных условиях, с периодом наблюдений  $n = 12$  лет.

Решение. Расчетный уровень грунтовых вод определяем по зависимости (1):

$$H_{Tr}^P = \frac{H_{Tr}^{изм} \cdot H_P^P}{H_P^{изм}}$$

По данным наблюдений на гидрологическом посту выбираем глубину заглаживания грунтовых вод 15 мая  $H_P^{изм} = 2,2$  м, средний уровень, наблюдаемый на посту за период 12 лет, равен  $H_P^{ср} = 1,6$  м.

Величину  $H_P^{изм}$  вычисляем по зависимости

$$H_P^P = H_P^{ср} - t\delta .$$

Нормированное отклонение уровня выбираем по табл.2 для дороги II технической категории с 5%-ной обеспеченностью при  $n = 12$  лет,  $t = 2,2$ .

Величину среднеквадратической ошибки находим из уравнения

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (H_P^i - H_P^{ср})^2}{n - 1}} .$$

Для облегчения расчетов составляют следующую таблицу.

Год наблюдений	$H_P^i$ , м	$H_P^i - H_P^{ср}$	$(H_P^i - H_P^{ср})^2$
I	1,2	-0,6	0,36
2	1,3	-0,5	0,25
3	1,25	-0,55	0,27
4	1,45	-0,35	0,12
:	:	:	:
12	1,5	-0,3	0,09
		16	3,15

$$\delta = \frac{3,03}{II} = 0,27.$$

Вычисляем  $H_{II}^P = 1,6 - 2,2 \cdot 0,27 = 1,0$  м.

Окончательно получим

$$H_{Tp}^P = \frac{1,8 \cdot 1,0}{2,2} \approx 0,82 \text{ м.}$$

Расчетный уровень на участке проектируемой дороги равен 0,82 м от поверхности земли.

**Пример II.** Для условий, приведенных в первом примере, нужно определить расчетный уровень, если в питьевом колодце, находящемся вблизи участка дороги, уровень воды 15 мая равен 2,6 м.

Решение. Для нахождения  $H_{Tp}^P$  пользуемся зависимостью (1).

При этом необходимо отыскать на срубе колодца следы, характеризующие наивысший уровень воды в колодце. Расстояние от поверхности земли до замечанных следов соответствует значению  $H_{II}^P = 1,3$  м.

$$\text{Вычисляем } H_{Tp}^P = \frac{1,8 \cdot 1,3}{2,6} = 0,9 \text{ м.}$$

Расчетный уровень равен 0,9 м.

**Пример III.** Определить расчетный уровень грунтовых вод с помощью статистического метода, если 20 мая грунтовые воды обнаружены на глубине 1,8 м от поверхности земли на участке проектируемой дороги, находящемся во дорожно-климатическом районе (вблизи г. Минска) в пойме реки.

Решение. Расчетный уровень грунтовых вод вычисляют по зависимости (3).

Для выполнения расчетов по зависимости необходимо отыскать соответствующие коэффициенты и величины.

Из табл.3 для приведенных в задаче условий выбираем значение коэффициентов  $K_0 = 1,22$ ;  $K_1 = 0,417$ ;  $K_2 = -0,002$ ;  $K_3 = -0,004$ .

Расчетное количество осенних и зимних осадков выбираем из табл.5 для ближайшей к участку дороги метеорологической станции Минск.

$$Q_{oc} = 100 \text{ мм}; \quad Q_3 = 240 \text{ мм.}$$

Для определения  $H$  воспользуемся уравнением парной корреляции (9):

$$H_{min} = H_{min}^{cp} + C (H_{izm} - H_{cp}),$$

где  $C = Z\delta$ .

По табл.4 для соответствующих условий выбирают значения  $H_{min}^{cp}$ ;  $C$ ;  $H_{cp}$ . При этом значение  $H_{cp}$  — в зависимости от количества осадков, выпавших в месяц, предшествующий изысканиям. С 20 апреля по 20 мая количество осадков было близко к "норме".

Гогда

$$H_{min}^{cp} = 1,87; \quad C = 0,61; \quad H_{cp} = 1,08.$$

Вычисляем  $H_{min}$  с учетом, что  $H_{izm}$  по условию равно 1,8 м:

$$H_{min} = 1,87 + 0,61 (1,8 - 1,08) = 2,31.$$

Подставляем полученные значения величин в зависимость (3) и производим вычисление:

$$\begin{aligned} H_p &= 1,22 + 0,417 \cdot 2,31 - 0,002 \cdot 180 - 0,004 \cdot 240 \\ &= 1,22 + 0,96 - 0,36 - 0,96 = 0,86 \text{ м.} \end{aligned}$$

Таким образом, расчетный уровень грунтовых вод на участке дороги  $H_p = 0,86$  м.