МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСЧЕТНОГО УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Минск 1974

gost.e-ecolog.ru

УДК 625.76

Изложены основные положения по установлению расчетного уровня грунтовых вод для условий западных районов II и III дорожно-климатических зон СССР.

Приведена методика определения расчетного уровня грунтовых вод, позволяющая устанавливать его величину по данным разовых замеров 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 позволят 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 геолого-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.П.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 (ВСН 97 —63), типовых проектов сооружений на автомобильных дорогах (вып. I4 — 69).

Настоящие Рекомендации используют для установления расчетного уровня грунтовых вод при назначении возвышения низа дорожной одежды в западных районах II и III дорожно-климатических зон (западнее 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 безопасную 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).

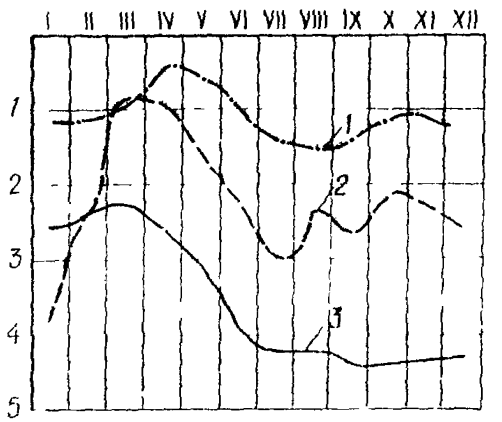

Рис 1. Графики колебаний уровней грунтовых вод с различными режимами: I — с мощностью зоны аэрации 0,5 — 1,0 м; 2 — то же I — 3 м; 3 — то же свыше 3 м

По мере увеличения мощности зоны аэрации величина осеннего подъема уровня грунтовых вод уменьшается и при $H \geq 3$ 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.

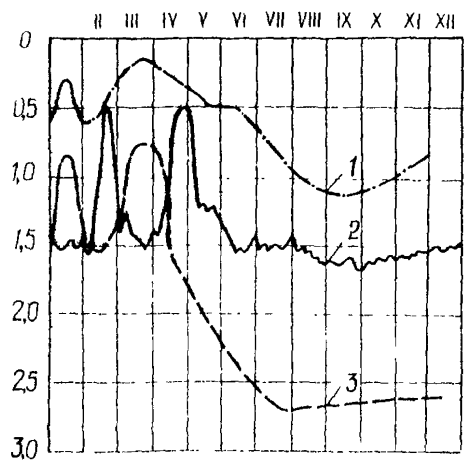

Рис.2. График колебаний уровней грунтовых вод: I — по материалам Белорусского геолого-гидрологического треста 2 — по данным ВСЕГИНГЕО; 3 — по данным БелдорНИИ

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 изыскании. При этом необходимо учитывать, что признаками избыточного увлажнения грунтов являются оглеение и оторфовывание связных грунтов и наличие ортзандовых прослоек в песках. Этот метод используют при изысканиях для составления ТЗО.

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 наолюдений 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 грунтово-гидрологических 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

$$\frac{H_{тр}^{р}}{H_{п}^{р}} = \frac{H_{тр}^{изм}}{H_{п}^{изм}} , \qquad (1)$$

где $H_{тр}^{р}$ — расчетный уровень грунтовых вод на трассе;

$H_{п}^{р}$ — расчетный уровень грунтовых вод по данным многолетних наблюдений на гидрологическом посту;

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

$H_{п}^{изм}$ — 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 $H_{п}^{р}$ устанавливают по зависимости

$$H_{п}^{р} = H_{п}^{ср} - t\delta , \qquad (2)$$

где $H_{п}^{ср}$ — средний из максимальных уровней грунтовых вод за n лет наблюдений;

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

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

$H_{п}^{i}$ — 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).

Таблица 2

$n-1$	Значения t при обеспеченности, %		$n-1$	Значения t при обеспеченности, %		$n-1$	Значения t при обеспеченности, %	
	5	10		5	10			
9	2,26	1,833	17	2,11	1,740	25	2,06	1
10	2,23	1,812	18	2,10	1,734	26	2,06	1
11	2,20	1,796	19	2,09	1,729	27	2,05	1,703
12	2,18	1,782	20	2,09	1,725	28	2,05	1,701
13	2,16	1,771	21	2,08	1,721	29	2,04	1,699
14	2,14	1,761	22	2,07	1,717	30	2,04	1,697
15	2,13	1,753	23	2,07	1,714	40	2,02	1,684
16	2,12	1,746	24	2,06	1,711	60	2,00	1,671
						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

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

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_1, K_2, K_3 — коэффициенты, определяемые по уравнениям

$$K_0 = H_{max}^{cp} - K_1 H_{min}^{cp} - K_2 Q_{oc}^{cp} - K_3 Q_3^{cp}; \quad (4)$$

$$K_1 = \frac{[H_{min} \; H_y]}{[H_{min} \; H_{min}]} - \left(\frac{[H_{min} \; Q_{oc}]}{[H_{min} \; H_{min}]} K + \frac{[H_{min} \; Q_3]}{[H_{min} \; H_{min}]} K_3 \right); \quad (5)$$

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

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

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

$$\begin{aligned}
[Q_{oc} \cdot H_p \cdot I] &= [Q_{oc} H_p] - \frac{[H_{min} \cdot Q_{oc}]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} [H_{min} \cdot H_p]; \\
[Q_3 \cdot H_p \cdot I] &= [Q_3 \cdot H_p] - \frac{[H_{min} \cdot Q_3]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} [H_{min} \cdot H_p]; \\
[Q_{oc} \cdot Q_{oc} \cdot I] &= [Q_{oc} \cdot Q_{oc}] - \frac{[H_{min} \cdot Q_{oc}]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} [Q_{oc} \cdot Q_{oc}]; \\
[Q_{oc} \cdot Q_3 \cdot I] &= [Q_{oc} - Q_3] - \frac{[H_{min} \cdot Q_{oc}]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} [H_{min} \cdot Q_3]; \\
[Q_3 \cdot Q_3 \cdot I] &= [Q_3 - Q_3] - \frac{[H_{min} \cdot Q_3]}{[H_{min} \cdot H_{min}]} [H_{min} \cdot Q_3]; \\
[Q_3 \cdot H_p \cdot 2] &= [Q \cdot H_p \cdot I] - \frac{[Q_{oc} \cdot Q_3 \cdot I]}{[Q_{oc} \cdot Q_{oc} \cdot I]} [Q_{oc} \cdot H_p \cdot I]; \\
[Q_3 \cdot Q_3 \cdot 2] &= [Q_3 \cdot Q_3 \cdot I] - \frac{[Q_{oc} \cdot Q_3 \cdot I]}{[Q_{oc} \cdot Q_{oc} \cdot I]} [Q_{oc} \cdot Q_3 \cdot I].
\end{aligned} \quad (8)$$

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 $[H_{min} \; Q_{oc}]$, являются суммой произведений соответствующих разностей.

10. Для определения $H_р$ по уравнению (3) используют данные о минимальном уровне грунтовых вод в осенне-летний 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

$$H_{min} - H^{ср}_{min} = Z\delta \quad (H_{изм} - H_{ср}) \qquad (9)$$

где $H^{ср}_{min}$ -- среднестатистический минимальный многолетний уровень грунтовых вод;

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

$$Z = \frac{\Sigma (H_{min} - H^{ср}_{min})(H_{изм} - H_{ср})}{\sqrt{\Sigma (H_{min} - H^{ср}_{min})^2 \Sigma (H_{изм} - H_{ср})^2}} ;$$

δ — среднеквадратическое отклонение прогнозируемых уровней;

$$\delta = \frac{\delta_{H_{min}}}{\delta_{H_{изм}}} ,$$

откуда

$$\delta_{H_{min}} = \sqrt{\frac{\Sigma (H_{min} - H^{ср})^2}{n - 1}} ;$$

$$\delta_{H_{изм}} = \sqrt{\frac{\Sigma (H_{изм} - H_{ср})^2}{n - 1}} .$$

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

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

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

11. Точность и достоверность полученных результатов проверяют с помощью коэффициента корреляции P из зависимости

$$P = \sqrt{1 - \frac{[H_р H_р \cdot 3]}{[H_р H_р]}} \qquad (10)$$

Коэффициент P устанавливают с помощью определителей, приведенных в уравнениях (8) и (11).

$$[H_p \cdot H_p \cdot 1] = [H_p \cdot H_p] - \frac{[H_{min} \cdot H_p]}{[H_{min} \cdot Q_{oc}]} [H_{min} \cdot H_p]$$

$$H_p \cdot H_p \cdot 2 = H_p H_p \cdot 1] - \frac{[Q_{oc} \cdot H_p \cdot 1]}{[Q_{oc} \cdot Q_{oc} \cdot 1]} [Q_{oc} \cdot H_p \cdot 1] ; \quad (11)$$

$$[H_p \cdot H_p \cdot 3 = [H H_p \cdot 2] - \frac{[Q_3 \cdot H_p \cdot 2]}{[Q_3 \cdot Q_3 \cdot 2]} [Q_3 \cdot H_p \cdot 2]$$

I2. 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 выделили 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 междуречьям. 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 I до 3 м и к третьему (мокрые места)— до I м.

I3. Статистическую обработку выполняли по изложенной методике для 65 гидрологических постов с периодом наблюдений не менее I0 лет. Результаты расчетов сведены в таблицы 3, 4, 5. В табл.3 даны значения коэффициентов K_0, K_I, 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 $H_{min} = H_{min}^{ср} + C\ (H_{изм} - H_{ср})$, в табл.5 — расчетное количество осенних и зимних осадков. Порядок пользования таблицами иллюстрируется примерами расчета.

I4. 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 высоты H_p

следует производить по методам, изложенным ранее.

Для облегчения расчетов составлена программа для ЭВМ "Промінь", которую Белдорниил может выслать по требованию.

Таблица 3

Район	Участок	Глубина грунтовых вод в период изысканий, 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	I,22	0,42	-0,002	-0,004

Примечания. I. 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	Глубина грунтовых вод в период изысканий, м	Значения величин, входящих в уравнение, которые выбирают для проведения изысканий в											
			мае			июне			июле			августе		
			$H^{ср}_{тип}$	C	$H_{ср}$	$H^{ср}_{тип}$	C	$H_{ср}$	$H^{ср}_{тип}$	C	$H_{ср}$	$H^{ср}_{тип}$	C	$H_{ср}$
III	между-речье	I-3	2,2I	0,88	0,58÷2,03	2,2I	0,87	0,79÷2,I7	2,2I	0,98	I,04÷2,3I	2,2I	0,94	I,II÷2,47
		3-5	4,36	0,62	3,00÷4,60	4,36	0,72	2,92÷4,48	4,36	0,78	3,23÷4,75	4,36	0,59	3,30÷4,83
	в пойме рек	0-I	0,88	I,I	0,I5÷0,6I	0,88	0,83	0,I8÷0,86	0,88	0,92	0,33÷0,99	0,88	0,83	0,28÷I,I6
		I-3	I,98	0,83	0,56÷2,02	I,96	0,84	0,73÷2,05	I,98	0,85	0,95÷2,23	I,98	0,88	0,98÷2,36
I и II	между-речье	1-3	I,96	0,9I	0,68÷I,86	I,96	0,9I	0,83÷I,99	I,96	0,98	I,04÷2,I6	I,96	0,8I	I,I3÷2,3I
		3-5	4,34	0,44	3,II÷4,33	4,34	0,73	3,27÷4,26	4,34	0,72	3,4I÷4,27	4,34	0,74	3,53÷4,47
	в пойме рек	I-3	I,87	0,6I	0,47÷I,69	I,87	0,73	0,6I I,87	I,87	0,85	0,82÷2,I2	I,87	0,83	0,96÷2,23

Примечания. I. 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 I5-20%, средние значения — когда близко к норме и большие значения — когда меньше нормы не менее чем на I5-20%.

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

Таблица 5

№ п.п.	Станция	Расчетное количество осадков	
		осенних, мм	зимних, мм
I.	Полоцк	I80	I80
2.	Витебск	200	200
3.	Орша	I70	I80
4.	Вилейка	I90	2I0
5.	Борисов	2I0	230
6.	Минск	I80	240
7.	Лида	I60	220
8.	Могилев	I80	250
9.	Гродно	I80	2I0
I0.	Новогрудок	200	250
II.	Бобруйск	I90	240
I2.	Барановичи	I80	220
I3.	Жлобин	I60	200
I4.	Ивацевичи	I90	240
I5.	Гомель	I50	250
I6.	Житковичи	I70	230
I7.	Пинск	I70	I80
I8.	Брест	I80	230
I9.	Брагин	I80	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 I5 мая обнаружены грунтовые воды на глубине I,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 = I2 лет.

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

$$H_{тр}^{р} = \frac{H_{тр}^{изм} \cdot H_{п}^{р}}{H_{п}^{изм}}$$

По данным наблюдений на гидрологическом посту выбираем глубину залегания грунтовых вод I5 мая $H_{п}^{изм}$ = 2,2 м, средний уровень, наблюдаемый на посту за период I2 лет, равен $H_{п}^{ср}$ = 1,6 м.

Величину $H_{п}^{изм}$ вычисляем по зависимости

$$H_{п}^{р} = H_{п}^{ср} - t\delta .$$

Нормированное отклонение уровня выбираем по табл.2 для дороги II технической категории с 5%-ной обеспеченностью при n = I2 лет, t = 2,2.

Величину среднеквадратической ошибки находим из уравнения

$$\delta = \sqrt{\frac{\Sigma (H_{п}^{i} - H_{п}^{ср})^2}{n - I}} .$$

Для облегчения расчетов составляют следующую таблицу.

Год наблюдений	$H_{п}^{i}$, м	$H_{п}^{i} - H_{п}^{ср}$	$(H_{п}^{i} - H_{п}^{ср})^2$
I	I,2	-0,6	0,36
2	I,3	-0,5	0,25
3	I,25	-0,55	0,27
4	I,45	-0,35	0,I2
:	:	:	:
:	:	:	:
n = I2	I,5	-0,3	0,09
		I6	Σ = 3,03

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

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

Окончательно получим

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

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

П р и м е р 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 $H_{тр}^{р}$ пользуемся зависимостью (I).

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

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

Расчетный уровень равен 0,9 м.

П р и м е р 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.

$$Q_{ос} = 100 \text{ мм}; \qquad Q_{з} = 240 \text{ мм}.$$

Для определения H воспользуемся уравнением парной корреляции (9):

$$H_{min} = H_{min}^{ср} + C\ (H_{изм} - H_{ср}),$$

где $C = Z\delta$.

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

Тогда

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

Вычисляем H_{min} с учетом, что $H_{изм}$ 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:

$$H_р = 1{,}22 + 0{,}417 \cdot 2{,}31 - 0{,}002 \cdot 180 - 0{,}004 \cdot 240$$
$$= 1{,}22 + 0{,}96 - 036 - 0{,}96 = 0{,}86\ м.$$

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

gost.e-ecolog.ru