

**УДК 625.7**

Ефименко В.Н., д.т.н., профессор  
Ефименко С.В., к.т.н., доцент  
Сухоруков А.В., аспирант  
Коняева О.В., студент<sup>45</sup>  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального образования  
«Томский государственный  
архитектурно-строительный  
университет», г. Томск, Россия.

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ  
ПРИ УТОЧНЕНИИ ДИСЛОКАЦИИ ГРАНИЦ ДОРОЖНО-  
КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН**

**Аннотация.** В статье приведён перечень показателей, определяющих влагонакопление в грунтах земляного полотна. Представлены уточнённая схема и результаты определения значений величины испарения с поверхности грунтовых оснований и периодов осеннего влагонакопления. Показаны особенности формирования информационной базы, для обоснования расчётных значений влажности глинистых грунтов земляного полотна автомобильных дорог и уточнения границ дорожно-климатических зон на территориях с недостаточно развитой инфраструктурой.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, глинистые грунты, земляное полотно, величина испарения, период осеннего влагонакопления, расчётная влажность, дорожная одежда, дорожный район, дорожно-климатическая зона, информационная база.

Общепризнано, что при разработке методов проектирования и строительства автомобильных дорог, а также соответствующих норм и строительных правил необходимо учитывать особенности природно-

---

<sup>45</sup> © Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Сухоруков А.В., Коняева О.В.

климатических условий местности. Решение задачи учёта природно-климатических условий при проектировании и строительстве дорог было найдено ещё в 30-40е годы с учётом предложений по дорожно-климатическому районированию территории СССР. Однако по оценкам специалистов существующее дорожно-климатическое районирование, разработанное в середине прошлого столетия, нельзя признать полностью удовлетворяющим требованиям по обеспечению качества проектирования и строительства автомобильных дорог. Каждая дорожно-климатическая зона, особенно II, имеет огромную протяжённость с Запада на Восток и является единым географическим целым, например, для территорий Украины и Западной Сибири России, но объединяет районы европейской и азиатской частей России, характеризующиеся климатическими и природными условиями, имеющими существенные различия.

В настоящее время в некоторых регионах России осуществляются работы [1, 2, 3], направленные на территориальное уточнение дислокации границ дорожно-климатических зон. Общий недостаток отмеченных работ обусловлен отсутствием единой (в рамках Российской Федерации) методологии выполнения работ по дорожно-климатическому районированию территорий, учитывающих особенности протекания водно-теплового режима грунтов земляного полотна автомобильных дорог, формирующегося под влиянием тех или иных природно-климатических условий, отражающих их зональность, интразональность и региональность. Что свидетельствует об актуальности представленных нами результатов исследований.

Общий методологический подход в реализации работы по уточнению дорожно-климатического районирования, по нашему мнению, должен включать выделение границ зон, подзон и дорожных районов на территориях, занимаемых административными образованиями (в границах областей и краёв), ранее нашедшей отражение в работах [4, 5].

На территории, например, Западной Сибири, сеть автомобильных дорог, распространена неравномерно. Наибольшая её протяжённость наблюдается в районах с развитой промышленностью и сельским хозяйством. При этом натурные измерения влажности грунтов земляного полотна, можно выполнить не для всех территорий региона, кроме того выделение на этапе уточнения дислокации границ II, III и IV дорожно-климатических зон дорожных районов не всегда обеспечено возможностью сбора статистической информации о нормируемых значениях характеристик грунтов [6].

При формировании информационной базы данных (рисунок 1) для дорожного районирования территорий, с целью обеспечения качества проектирования транспортных сооружений, считаем необходимым учесть показатели, характеризующие зональные признаки [7]:

- среднегодовая температура воздуха;
- количество и сезонное распределение осадков;
- испарение с грунтовых оснований;
- влажность грунта рабочего слоя земляного полотна;
- влагообеспеченность территории – по величине гидротермического коэффициента;
- высота снежного покрова;
- глубина и скорость промерзания грунтов;

- растительный покров.

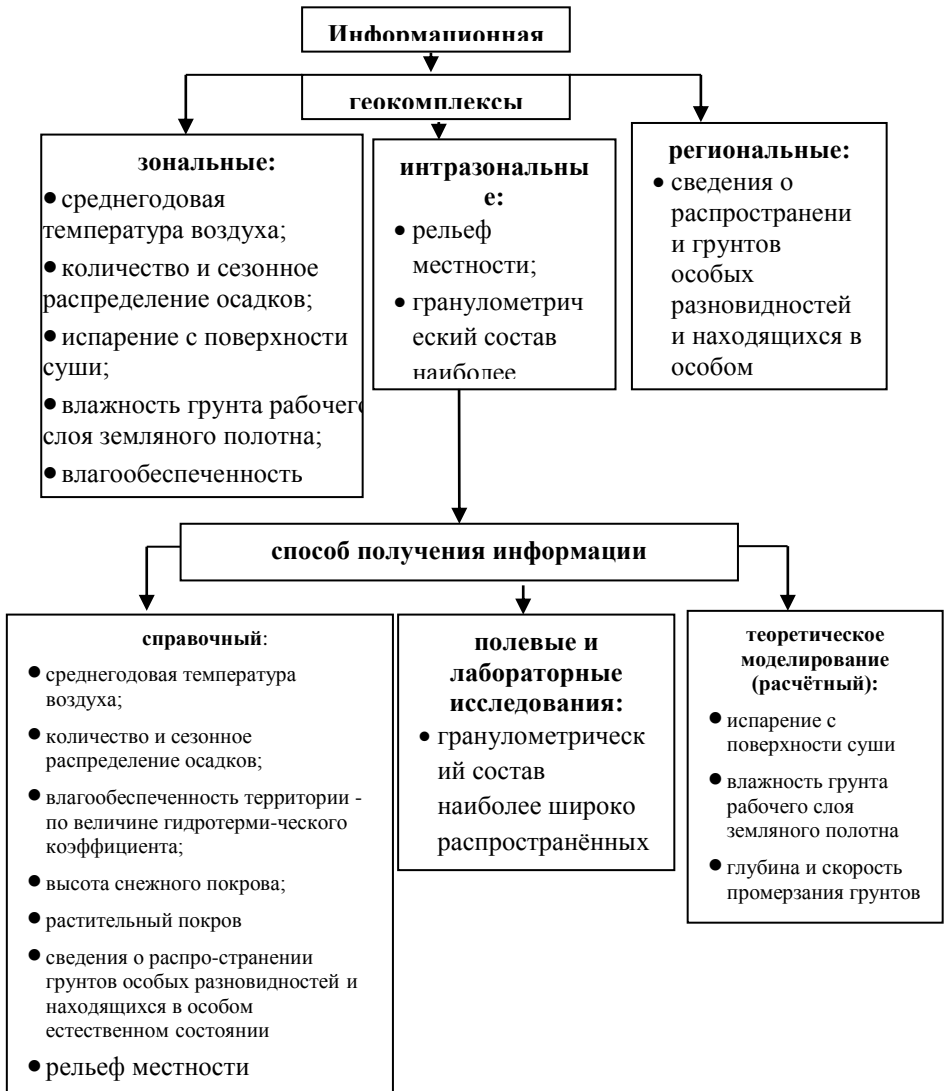


Рисунок 1. Схема формирования информационной базы для дорожно-климатического районирования территорий

При этом в составе интразональных признаков следует учитывать:

- рельеф местности;
- гранулометрический состав наиболее широко распространённых на территориях глинистых грунтов, их границы текучести и раскатывания;

Среди региональных признаков в банк исходных сведений для дорожного районирования необходимо привлечь сведения:

- о распространении грунтов особых разновидностей и находящихся в особом естественном состоянии.

Такой подход в формировании информационной базы по-нашему мнению, отличается научной новизной.

Отметим, что ряд факторов в составе информационной базы устанавливают расчётом с привлечением тех или иных методов. К сожалению, в силу тех или иных причин, некоторые методы теоретического моделирования характеристиками водно-теплового режима грунтов земляного полотна требуют некоторых уточнений.

Например, рассмотрим детально методы определения величины испарения с поверхности грунтовых основания  $J$  и установления продолжительности периода  $\tau_{вЛ}$ .

Начало периода осеннего влагонакопления характеризуется увеличением среднесуточного количества осадков, повышением относительной влажности воздуха и понижением его температуры, увеличением облачности. Всё это, в результате, обуславливает преобладание осадков над испарением [8]. Если построить для осенних месяцев график месячных сумм осадков  $r$  и испарения  $J$ , то точка пересечения этих графиков определит начало периода

осеннего влагонакопления. За конец этого периода принимают дату наступления среднесуточной температуры 0°C, приводимую в метеорологических справочниках (рисунок 2).

При установлении величины испарения с поверхности грунтовых оснований, по способу проф. И.А. Золотаря [8, 9], необходимо владеть информацией о среднемесячных метеорологических характеристиках расчётного географического пункта, включающей: относительную влажность воздуха  $f$ , выражаемую в долях единиц; среднемесячную температура воздуха  $\Theta$ , °C; среднемесячную облачность  $N$  баллов  $n$ , выражаемую в долях единиц; скорость ветра на высоте флюгера  $U_\phi$ , м/сек<sup>2</sup>; эффективное излучение при безоблачном небе  $I_0$ , ккал/см<sup>2</sup>·мес; суммарную радиацию при безоблачном небе  $S_0$ , ккал/см<sup>2</sup>·мес.

Кроме этого, при установлении величины  $J$ , к исходным характеристикам отнесены [8]: альbedo поверхности  $\gamma$ , в долях единиц; коэффициент, показывающий, какая доля солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу облаков, доходит до земной поверхности при наличии полной облачности  $k$ ; коэффициент, зависящий от географической широты местности  $c$ .

Основываясь на положениях теории турбулентной диффузии, в работе [9] принята следующая зависимость для вычисления величины среднемесячного испарения:

$$J = \frac{25,5 \cdot (1-f) \cdot U_\phi \cdot (1 + 1,8 \cdot \frac{Q_R - 1,8 \cdot J}{U_\phi^{2,5}}) \cdot \exp(0,063 \cdot \Theta) \cdot \exp(0,063 \cdot \frac{Q_R - 1,8 \cdot J}{U_\phi^{0,5}})}{7,49 + \ln[(1 + 1,8 \cdot \frac{Q_R - 1,8 \cdot J}{U_\phi^{2,5}}) \cdot U_\phi]} \quad (1)$$

где  $f$  – среднемесячная относительная влажность воздуха %, д.ед.;  $U_\phi$  – среднемесячная скорость ветра на

высоте флюгера, м/сек<sup>2</sup>;  $\theta$  – среднемесячная температура воздуха, °С;  $Q_R$  – радиационный баланс деятельной поверхности, вычисленный по формуле [8]:

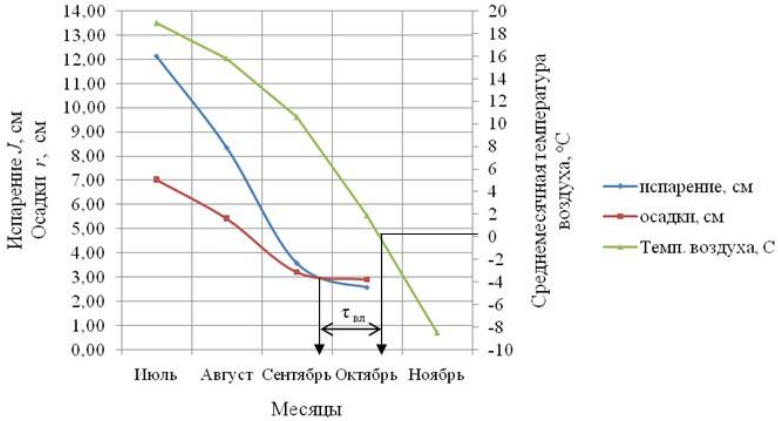


Рис.2. График поясняющий порядок установления продолжительности периода осеннего влагонакопления (для г. Омска)

$$Q_R = 3,34 \cdot [S_0 \cdot (1 - (1 - k)) \cdot n] \cdot (1 - \gamma) - I_0 \cdot (1 - c \cdot n^2), (2)$$

где  $S_0$  – суммарная радиация при безоблачном небе, ккал/см<sup>2</sup>;  $I_0$  – эффективное излучение при безоблачном небе, ккал/см<sup>2</sup>;  $n$  – среднемесячная облачность, д.ед.;  $\gamma$  – альbedo поверхности, д.ед.;  $k$  – коэффициент, показывающий, какая доля солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу облаков, доходит до земной поверхности при наличии полной облачности, определяемый по таблицам [10];  $c$  – коэффициент, зависящий от географической широты местности, также определяемый по таблицам [10].

Ранее, при решении трансцендентного уравнения (1), исследователи оперировали приближёнными методами. Соответственно, обеспечить требуемую достоверность результатов расчётов не представлялось возможным. При

## **Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014**

определении величины  $J$  для ряда населённых пунктов Западной Сибири, нами применён метод Ньютона. Суть метода заключается в том, что поиск результатов решения осуществляется путём построения последовательных приближений и основан на принципах простой итерации.

Сравнение значений  $J$ , полученных по нашим расчётам, с результатами ранее приведёнными в работах [8, 9], свидетельствует о наличии расхождений, достигающих 18 % (см. таблицу 1). Это указывает на наличие погрешностей вычислений в схеме ранее применявшегося метода определения  $J$ . Так, суммарная величина испарения за тёплый период (июль-октябрь) для г. Новосибирска, по нашим расчётам составляет 20,23 г/см<sup>2</sup>, а по результатам вычислений по методу И.А. Золотаря 24,36 г/см<sup>2</sup>.

*Таблица 1  
Сопоставление результатов расчёта величины испарения  $J$  и значений, полученных ранее И.А. Золотарём*

Населённый пункт	Месяц	Величина испарения $J$ , г/см <sup>2</sup>	
		результаты приведённые в работах И.А. Золотаря	результаты наших расчётов
Екатеринбург (Свердловск)	июль	10,71	10,65
	август	7,27	7,32
	сентябрь	4,30	3,41
	октябрь	2,45	2,40
Новосибирск	июль	10,77	9,60
	август	7,52	6,49
	сентябрь	4,03	2,08
	октябрь	2,04	2,06



## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014

Томск	июль	11,56	10,35
	август	8,00	6,56
	сентябрь	4,33	3,25
	октябрь	2,29	2,05
Челябинск	июль	11,48	11,60
	август	7,95	8,22
	сентябрь	4,21	3,70
	октябрь	1,88	2,49
Барнаул	июль	11,88	13,21
	август	8,40	8,98
	сентябрь	5,24	3,65
	октябрь	2,70	2,45

Установление продолжительности периодов осеннего влагонакопления выполнено графоаналитическим методом. Для населённых пунктов, расположенных на территории Омской области, построены графики, по которым установлены даты начала и конца периода  $\tau_{вл}$  (рисунок 2, таблица 2).

*Таблица 2*  
*Сводная таблица вычисленных величин испарения и продолжительности периодов осеннего влагонакопления для ряда населённых пунктов в Омской области*

Населённый пункт	Месяц	Испарение, г/см <sup>2</sup>	Дата начала периода		Дата окончания периода		$\tau_{вл}$ , ч
			день	месяц	день	месяц	
Алабота	июль	13,82	13,5	10	20,5	11	912
	август	9,55					
	сентябрь	5,40					
	октябрь	2,91					

## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014

Знаменское	июль	10,01	7,5	08	16,5	10	1704
	август	6,25					
	сентябрь	1,76					
	октябрь	1,53					
Омск	июль	12,13	30	09	20,5	10	516
	август	8,37					
	сентябрь	3,56					
	октябрь	2,57					
Русская Поляна	июль	13,09	10.5	10	20.5	10	264
	август	9,24					
	сентябрь	4,73					
	октябрь	2,84					
Утускун	июль	10,65	16.5	08	16.5	10	1488
	август	7,03					
	сентябрь	1,83					
	октябрь	1,43					

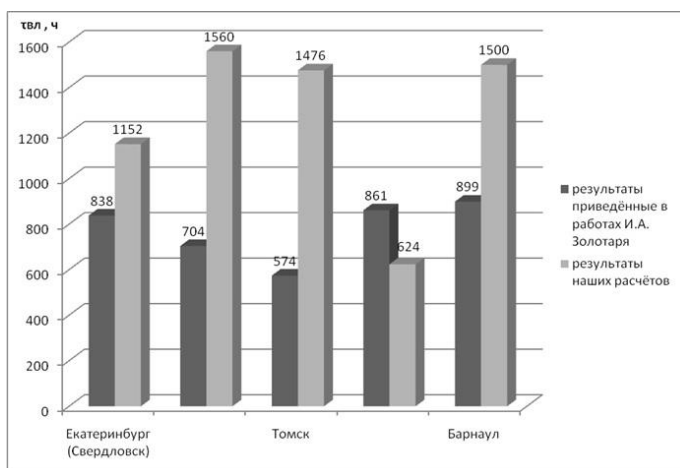


Рис. 3. Гистограмма сравнения значений  $\tau_{вп}$ , приведённых в работах И.А. Золотаря с результатами наших расчётов

Считаем, что полученные величины испарения с поверхности грунтовых оснований и результаты обоснования продолжительности периода осеннего влагонакопления отличаются новизной и могут быть включены в информационную базу для обоснования расчётных значений влажности глинистых грунтов земляного полотна автомобильных дорог, при уточнении существующего дорожно-климатического районирования территорий с недостаточно развитой инфраструктурой.

**Библиографический список**

1. Ефименко В.Н. Учет региональных природно-климатических условий при уточнении норм проектирования автомобильных дорог / В.Н. Ефименко, С.В. Ефименко, М.В. Бадина // Наука и техника в дорожной отрасли, 2012-№1-С.14-17.

2. Гулько, О.Н. Дорожно-климатическое районирование территории Крайнего Севера Европейской части России с наличием многолетнемерзлых грунтов: автореф. дис. .... канд. техн. наук. – М., 2005. – 26с.

3. Ярмолинский, А.И. Комплексный подход к дорожному районированию территории Сахалинской области / А.И. Ярмолинский, А.П. Пичугов, И.Н. Пугачев // Режим доступа: [http://ad.khstu.ru/files/statja/\\$file/statja8.pdf](http://ad.khstu.ru/files/statja/$file/statja8.pdf), свободный

4. Гудзинский М.Н. Обоснование расчётных характеристик грунтов полотна автомобильных дорог применительно к природным условиям УССР: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Харьков, 1975. – 28с.

5. Сиденко В.М., Батраков О.Т. и др. Автомобильные дороги (Совершенствование методов проектирования и строительства). Киев:., Будівельник, 1973. – 278 с.

6. Ефименко В.Н. Назначение расчётной влажности глинистых грунтов земляного полотна для проектирования дорожных одежд на территории Западной Сибири / В.Н. Ефименко, С.В. Ефименко, А.Д. Бердников// Вестник Том.гос. архитектурно-строит. ун-та. – Томск, 2012. – №1(34) – С. 160-168.

7. Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Бадина М.В. Некоторые вопросы совершенствования норм проектирования дорожных одежд

автомобильных дорог // Сборник ФГУП «РОСДОРНИИ». Автомобильные дороги и мосты. – Москва, 2013, № 29 – С. 81 – 91

8. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд/ под ред. И.А. Золотаря, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1971.–416с.

9. Золотарь И.А. Расчет испарения с поверхности грунтовых оснований в связи с прогнозом их влажностного состояния/ И.А. Золотарь// Экспериментальные исследования процессов теплообмена в мерзлых горных породах. – Новосибирск: Наука, 1972. – С. 119-137.

10. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги. – М.: Наука. 1964. – 243 с.

**Abstract.** The article provides a list of indicators that determine moisture accumulation in soil subgrade. A refined scheme and results determine the values of the evaporation from the surface soil bases and autumn periods of moisture accumulation. The features of the information base to justify the calculated values of humidity clay subgrade soil automobile roads, in areas with underdeveloped infrastructure and clarify the boundaries of road-climatic zones.

**Key words:** automobile road, clay soil, subgrade, evaporation design, autumn periods of moisture accumulation, moisture basis, road pavement, road district, road-climatic zone, information database.

**Анотація.** У статті наведено перелік показників, що визначають вологи накоплення в ґрунтах земляного полотна. Представлені уточнена схема і результати визначення значень величини випаровування з поверхні ґрунтових основ і періодів осіннього вологи накоплення. Показано особливості формування інформаційної бази, для обґрунтування розрахункових значень вологості глинистих ґрунтів земляного полотна автомобільних доріг, на територіях з недостатньо розвинутою інфраструктурою і уточнення меж дорожньо-кліматичних зон.

**Ключові слова:** величина випаровування, період осіннього вологи накоплення, глинисті ґрунти, земляне полотно, розрахункова вологість, дорожній одяг, дорожній район, дорожньо-кліматична зона, автомобільна дорога, інформаційна база.

Стаття надійшла до редакції у грудні 2013р.