

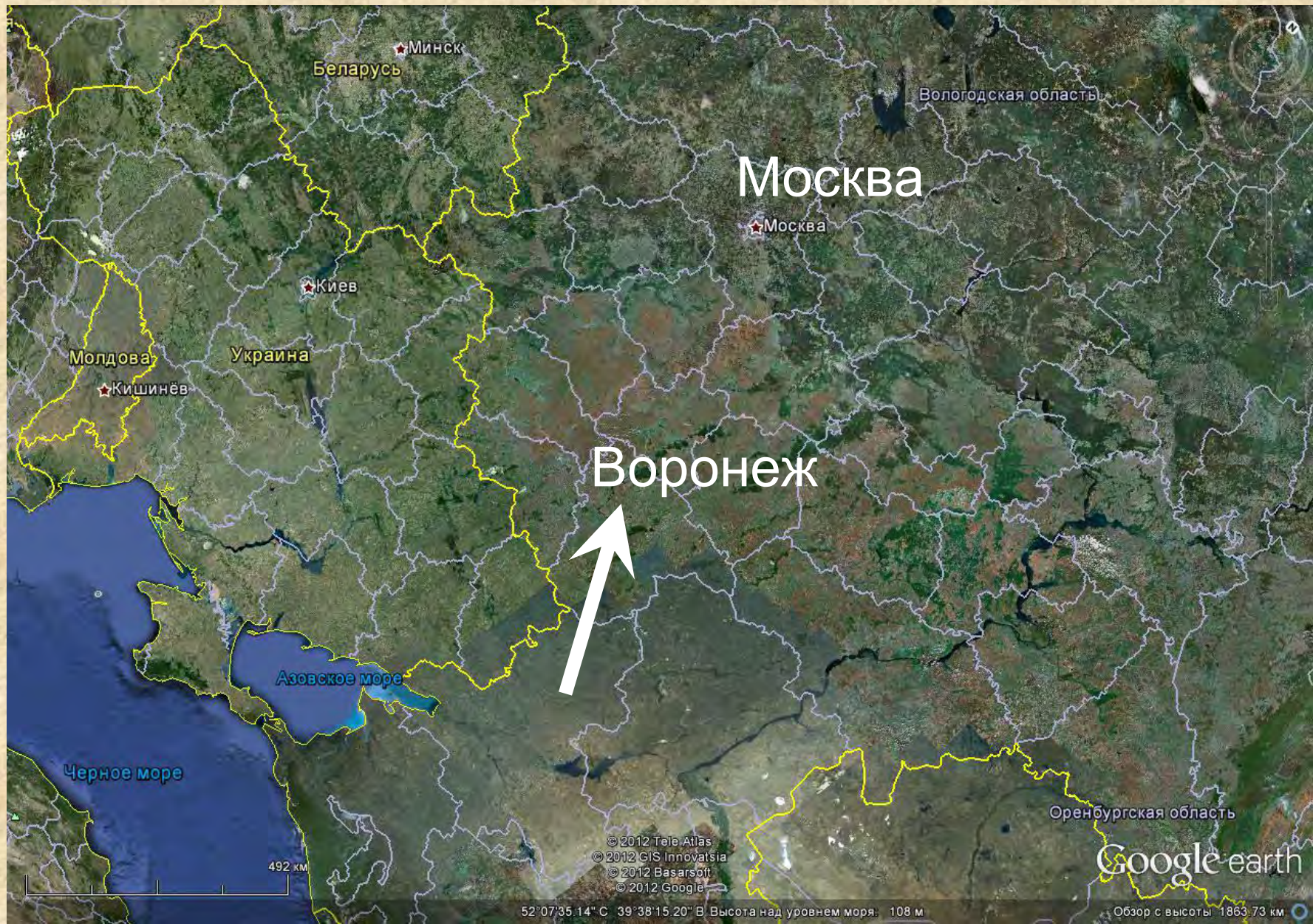


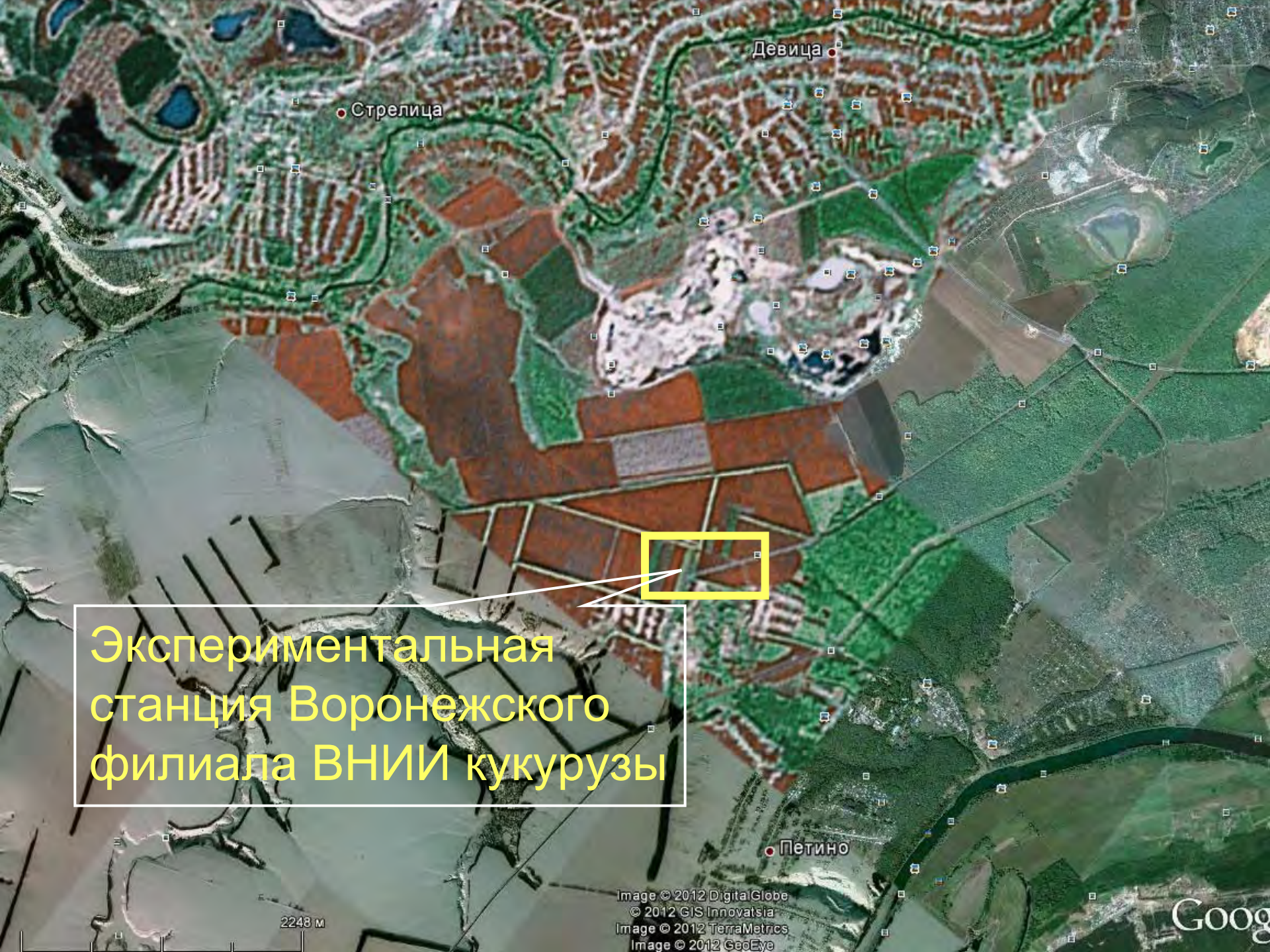
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОЧВ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ (НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ ВНИИ КУКУРУЗЫ)

Архангельская Т.А.¹, Хохлова О.С.², Мякшина Т.Н.²

¹МГУ, Москва, ²ИФХиБПП РАН, Пущино

- Расположение объекта исследования в центре Русской равнины





Стрелица

Девица



Экспериментальная
станция Воронежского
филиала ВНИИ кукурузы

Петино

2248 м

Image © 2012 DigitalGlobe
© 2012 GIS Innovatsia
Image © 2012 TerraMetrics
Image © 2012 GeoEye

Google

Почвенные разрезы:

Объекты исследований:
агropочвы, которые
находятся под
**монокультурой
кукурузы** и под
черным паром в
течение 50 лет
(Воронежская
опытная станция
ВНИИ кукурузы)

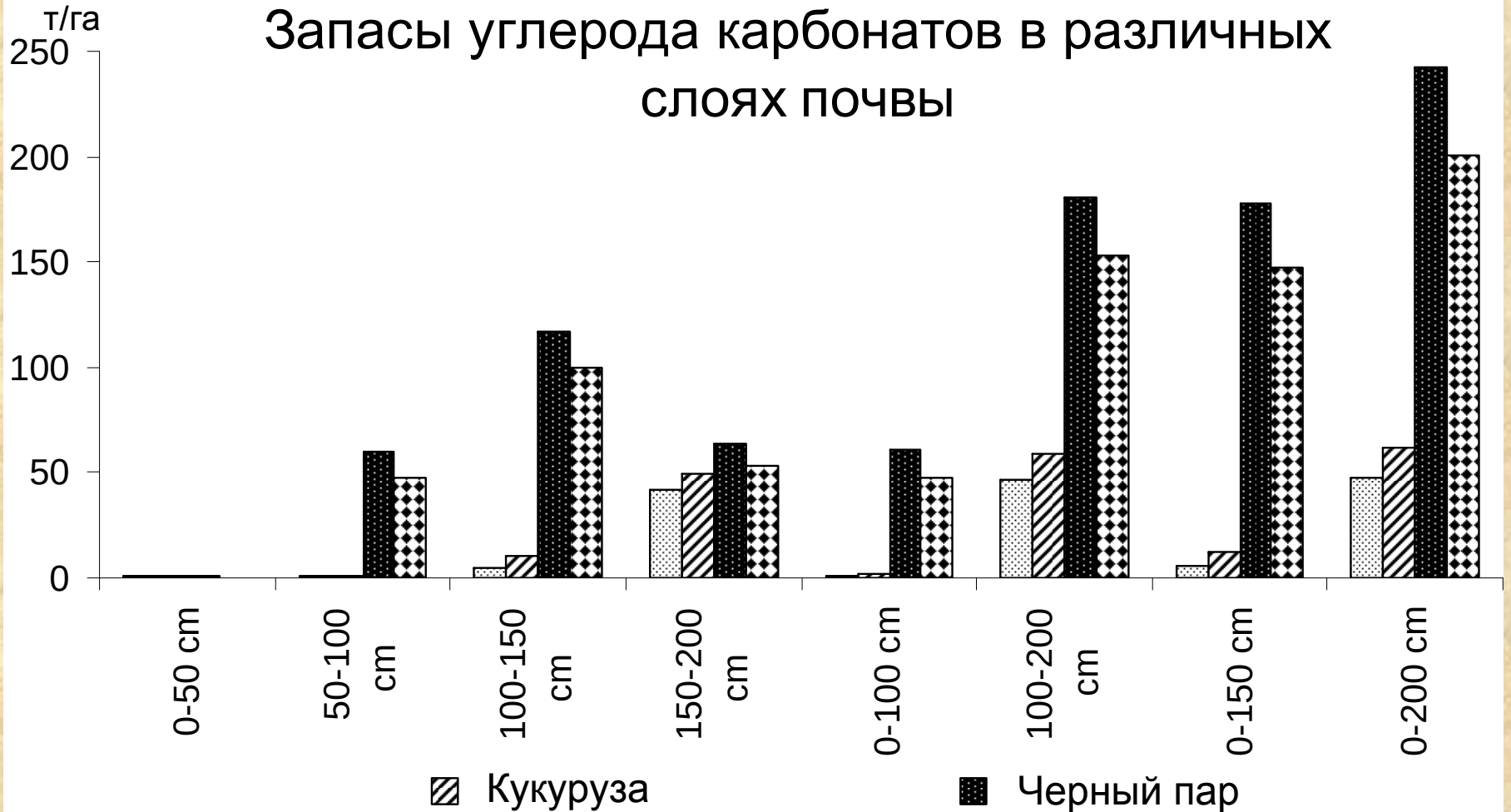


Под
монокультурой
кукурузы



Под
черным
паром

Запасы углерода карбонатов в различных слоях почвы



В двухметровой толще запасы углерода карбонатов составили 60 т/га в разрезе под кукурузой и 240 т/га в разрезе под черным паром. В разрезе под черным паром значительные запасы (около 50 т/га) отмечались уже в слое 50-100 см.

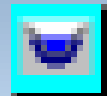
Гипотеза: различия в уровне залегания карбонатов под паром и под кукурузой связаны с различиями в гидрологических режимах опытных участков.

Цель работы – ~~проверка гипотезы~~ оценка правдоподобности гипотезы.

Задачи: смоделировать и сопоставить гидрологический режим двух участков при различных режимах атмосферного увлажнения.

Схема работы пакета HYDRUS-1D

Гидрофизические свойства почвы
Осадки, испарение, транспирация
Условия на нижней границе
Распределение корней в профиле
Отклик растений на водный стресс



HYDRUS-1D



Гидрологический
режим
почвы

Основные уравнения

Закон Дарси: $q_w = K_{\text{вл}} \frac{dP}{dz}$

Уравнение ван Генухтена:

$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \frac{1}{\left[1 + (\alpha P_{k-c})^n\right]^m}, \quad m = 1 - \frac{1}{n}$

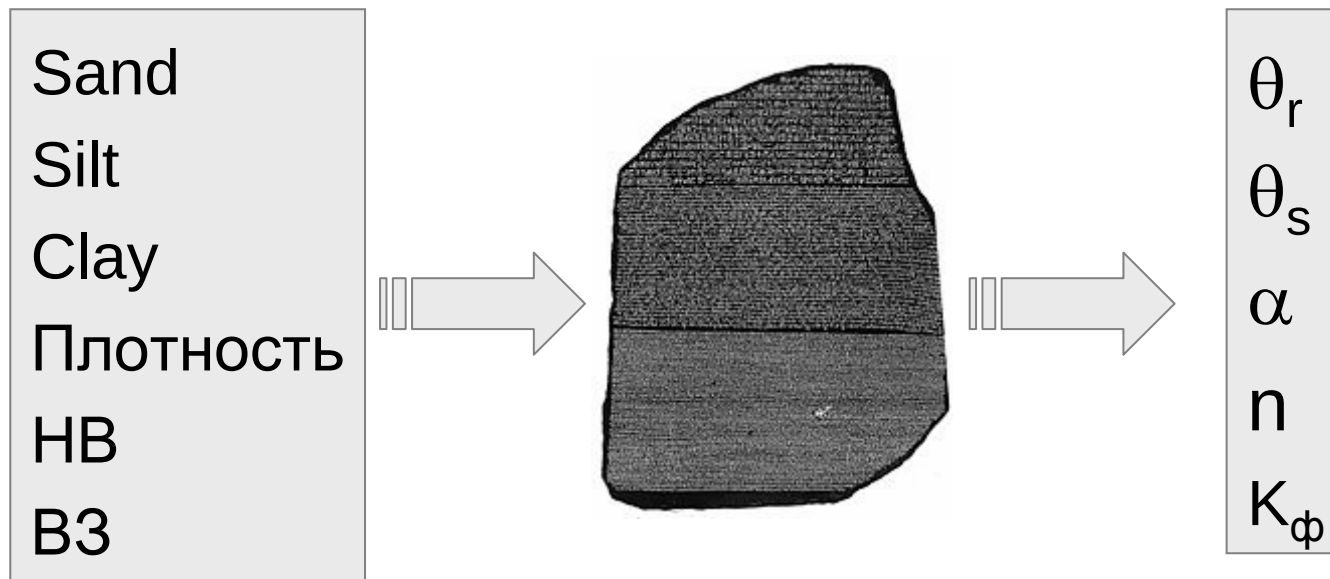
↖ S_e
степень
насыщенности

Формула Муалема:

$$K_{\text{вл}} = K_{\phi} S_e^{l/2} [1 - (1 - S_e^{l/m})^m]^2$$

↖ $S_e^{l/m}$
pore connectivity parameter;
равен 0.5 для большинства почв

База данных Розетта: переход от основных свойств почв к параметрам переноса влаги



Расчет параметров переноса влаги

 **Rosetta Lite v. 1.1 (June 2003)** X

Select Model

☐ Textural classes ☐ SSCBD+ water content at 33 kPa (TH33)

☐ % Sand, Silt and Clay (SSC) ☒ Same + water content at 1500 kPa (TH1500)

☐ %Sand, Silt, Clay and Bulk Density (BD)

Input

Textural Class Unknown ▼

Sand [%] 19

Silt [%] 41

Clay [%] 40

BD [gr/cm³] 1,1

TH33 [cm³/cm³] 0,34

TH1500 [cm³/cm³] 0,16

Output

Theta r [cm³/cm³] 0.0569

Theta s [cm³/cm³] 0.4587

Alpha [1/cm] 0.0323

n [-] 4.8143

Ks [cm/day] 58.20

Help! Predict Accept Cancel

Основные свойства почв

глубина	sand	silt	clay	ρ^*	НВ*	ВЗ*	ε^*
0-10	19	41	40	1,10	0,34	0,16	0,57
11-30	19	41	40	1,16	0,34	0,16	0,55
31-50	21	40	39	1,22	0,34	0,18	0,53
51-70	20	39	41	1,28	0,35	0,19	0,51
71-90	26	32	42	1,34	0,35	0,19	0,49
91-110	29	29	42	1,39	0,35	0,19	0,48
110-130	19	42	39	1,45	-	-	0,46
131-150	24	36	40	1,49	-	-	0,45
151-170	21	42	37	1,52	-	-	-
171-200	25	36	39	1,52	-	-	-

*По данным В.А. Королева (2008)

Параметры переноса влаги

Water Flow Parameters

Mat	Qr	Qs	Alpha	n	Ks	I
1	0,0682	0,5127	0,0093	1,4028	38,61	0,5
2	0,0685	0,4985	0,0082	1,4185	30,73	0,5
3	0,0733	0,4899	0,0106	1,3609	25,58	0,5
4	0,0752	0,4816	0,0093	1,3581	19,5	0,5
5	0,0717	0,4681	0,0083	1,3578	17,32	0,5
6	0,0691	0,4561	0,0075	1,3597	14,11	0,5
7	0,0696	0,4416	0,0066	1,3691	7,18	0,5
8	0,0665	0,4321	0,006	1,3684	6,12	0,5
9	0,066	0,4247	0,0057	1,3697	4,38	0,5
10	0,0648	0,4246	0,0057	1,3691	4,81	0,5

Soil Catalog

Neural Network Prediction

☐ Temperature Dependence

OK

Cancel

Previous ...

Next ...

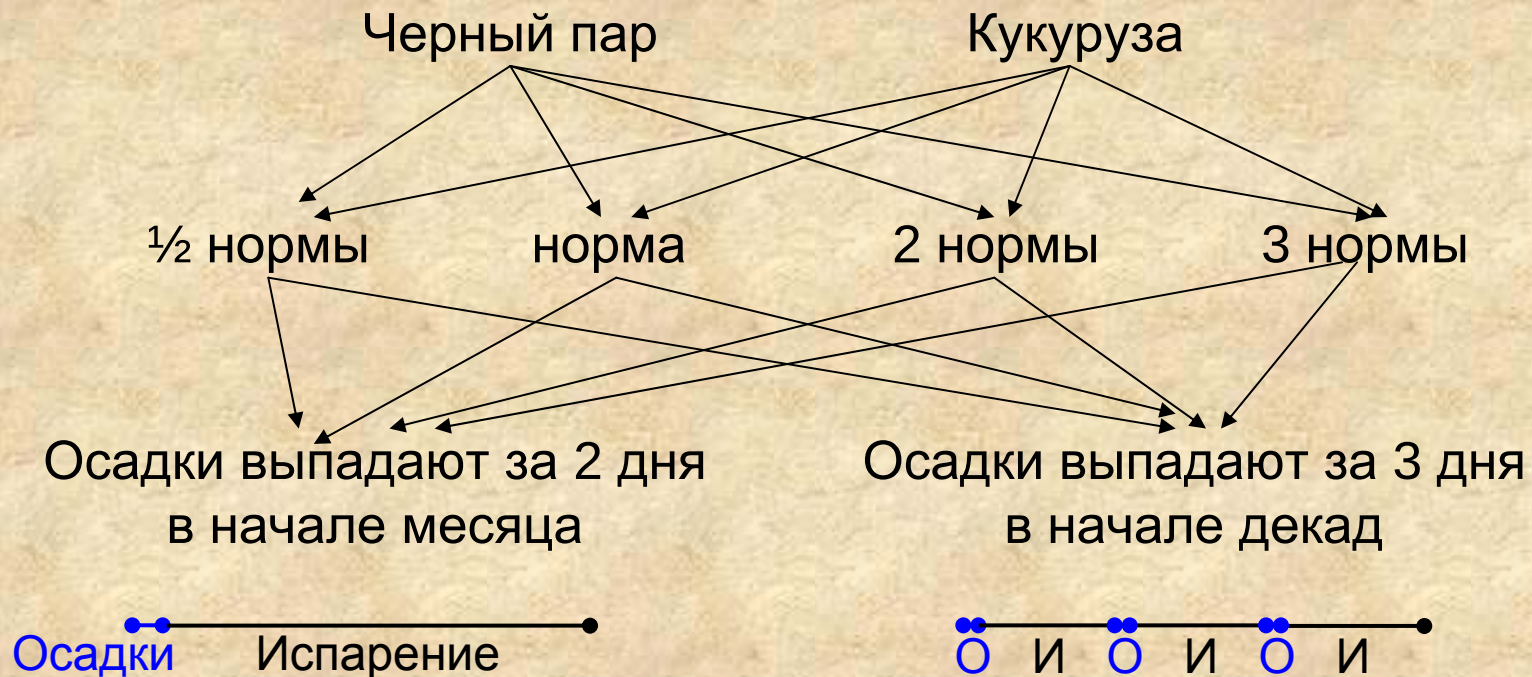
Help

Начальные и граничные условия

Начальное распределение влажности: $0.33\text{--}0.25\text{ см}^3/\text{см}^3$

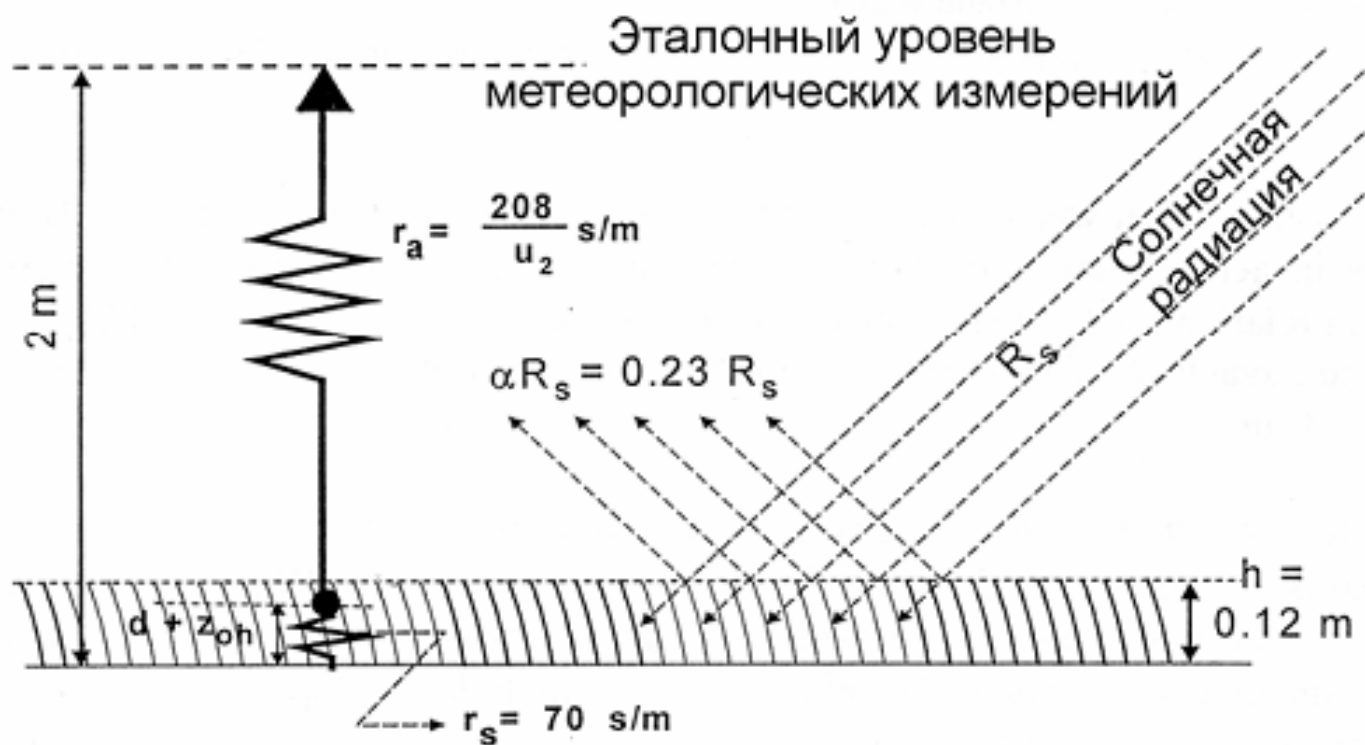
Нижняя граница – свободный дренаж

Верхняя граница – 16 вариантов расчетов:



Гипотетическая эталонная культура

Рис. 9. Характеристики гипотетической эталонной культуры



Метод Пенмана-Монтейта (рекомендован FAO, 1990)



$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

где

ET_o - эталонная эвапотранспирация [мм сут^{-1}];

R_n - чистая радиация на поверхности растений [$\text{МДж м}^{-2} \text{сут}^{-1}$];

G - плотность теплового потока почвы [$\text{МДж м}^{-2} \text{сут}^{-1}$];

T - среднесуточная температура воздуха на высоте 2 м [$^{\circ}\text{C}$];

u_2 - скорость ветра на высоте 2 м [м с^{-1}];

e_s - давление пара насыщения [кПа];

e_a - фактическое давление [кПа];

$(e_s - e_a)$ - дефицит давления пара насыщения [кПа];

Δ - уклон кривой давления пара [$\text{кПа } ^{\circ}\text{C}^{-1}$];

γ - психрометрическая постоянная [$\text{кПа } ^{\circ}\text{C}^{-1}$].

Эталонная эвапотранспирация ET_o обеспечивает стандарт, с которым:

- можно сравнивать эвапотранспирацию в разные периоды года;
- можно соотнести эвапотранспирацию для других культур.

Условия функционирования модельных почв

Показатель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Температура воздуха, °С	14.8	18.5	20.5	19.2	13.3
Норма осадков, мм	46	74	62	54	61
Эталонная эвапотранспирация, мм/сут	3.42	3.75	3.92	3.60	2.39
Потенциальная транспирация кукурузы, мм/сут	4.10	4.50	4.71	4.32	2.86
Потенциальное испарение черного пара, мм/сут	3.93	4.31	4.51	4.14	2.74

Распределение корней в почвенном профиле

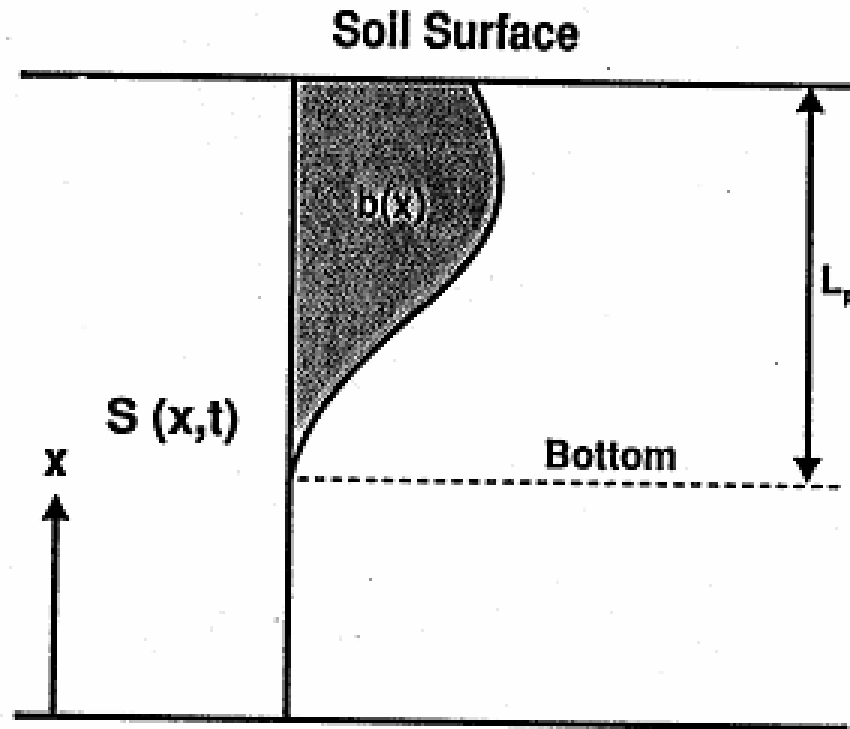
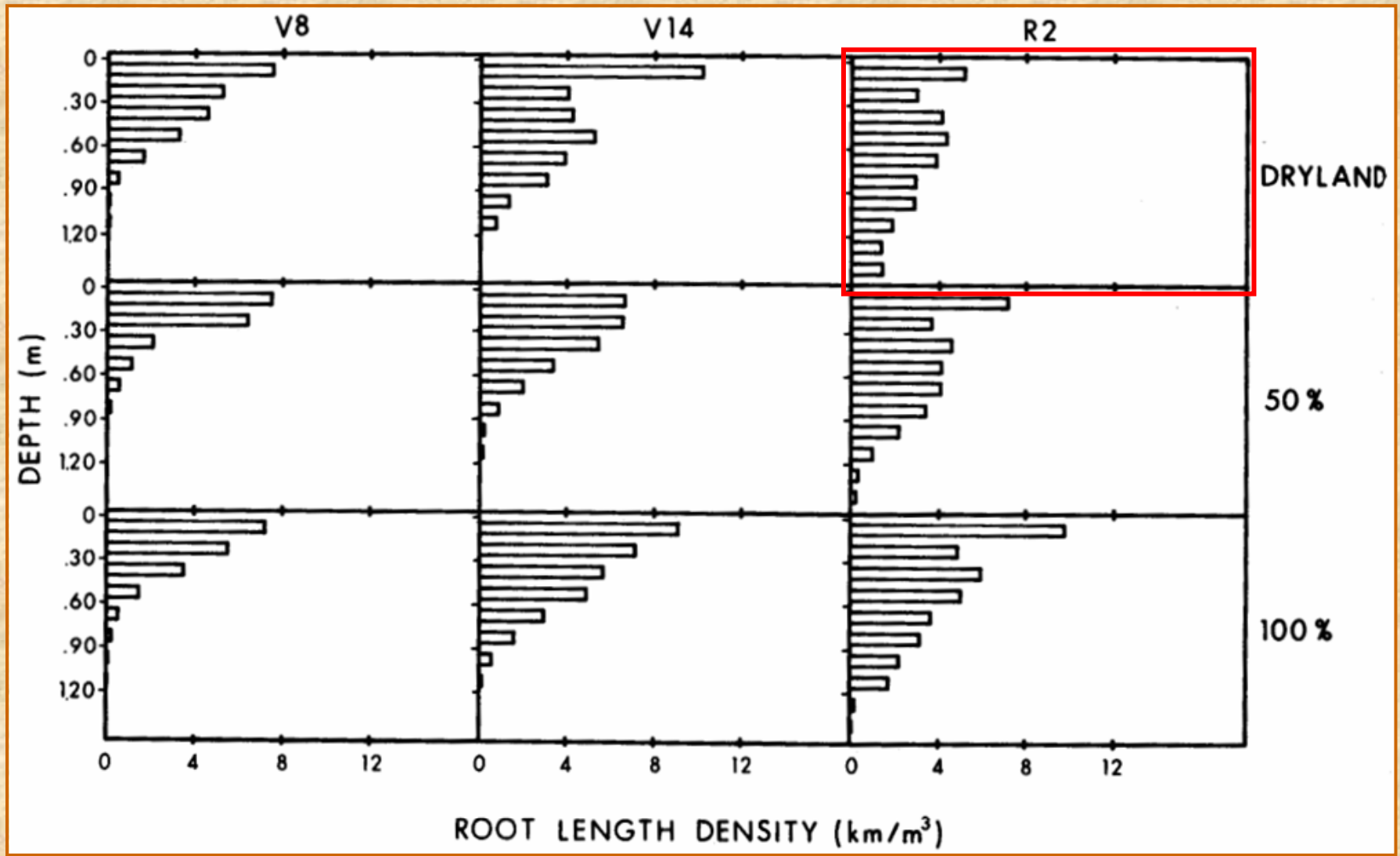


Fig. 2.2. Schematic of the potential water uptake distribution function, $b(x)$, in the soil root zone.

Распределение корней в почвенном профиле



Распределение корней в почвенном профиле

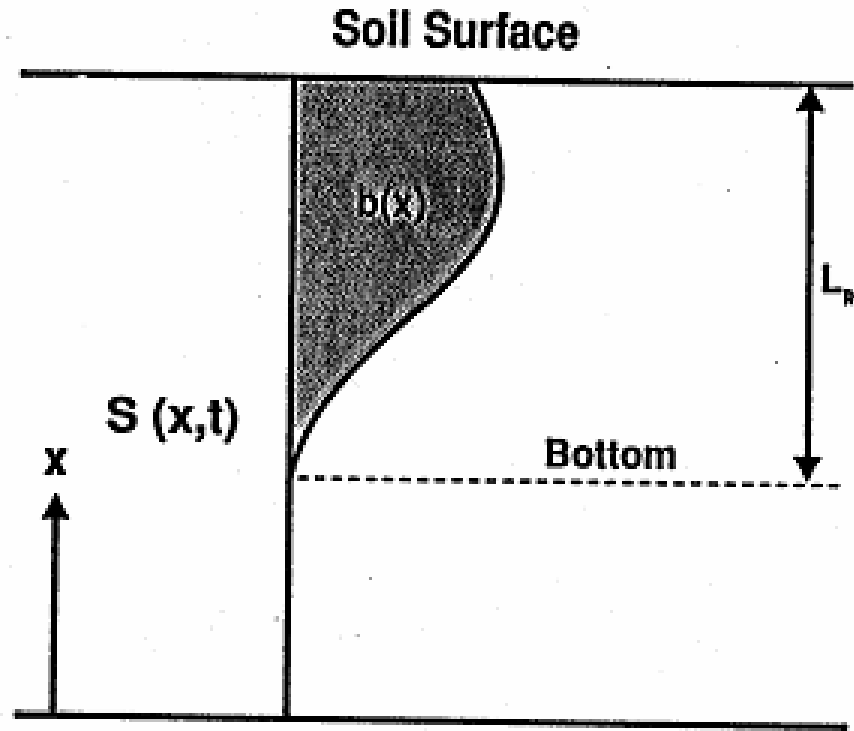
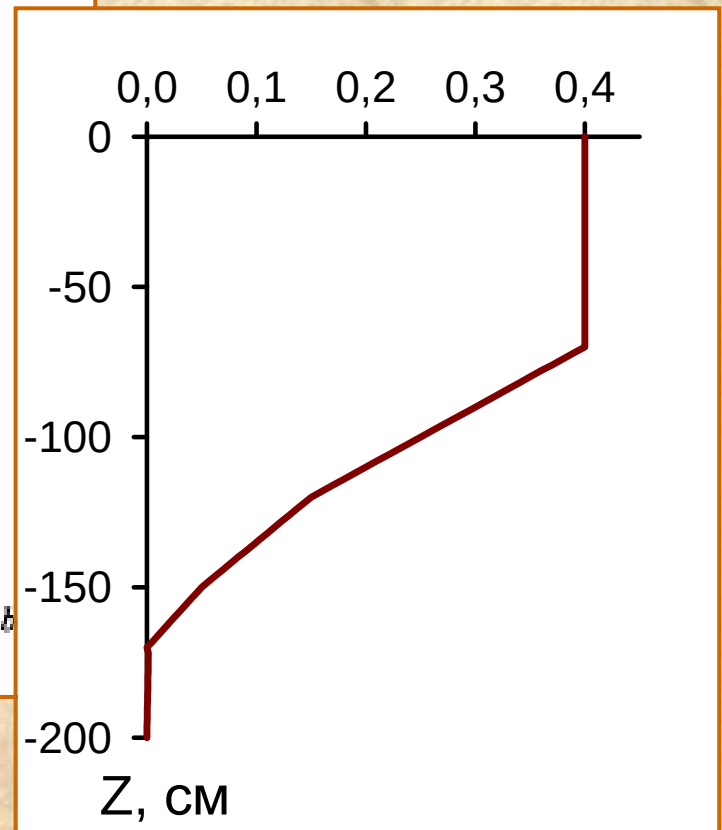


Fig. 2.2. Schematic of the potential water uptake distribution function, b in the soil root zone.



Отклик растений на водный стресс (Feddes et al., 1978)

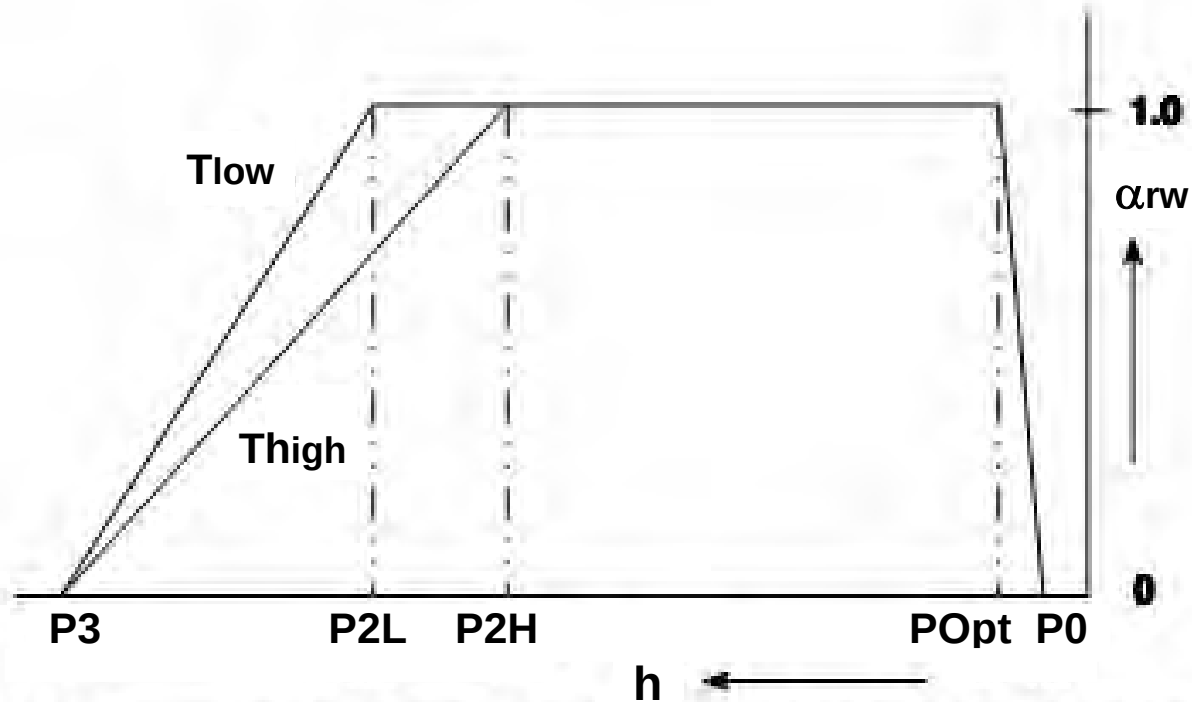
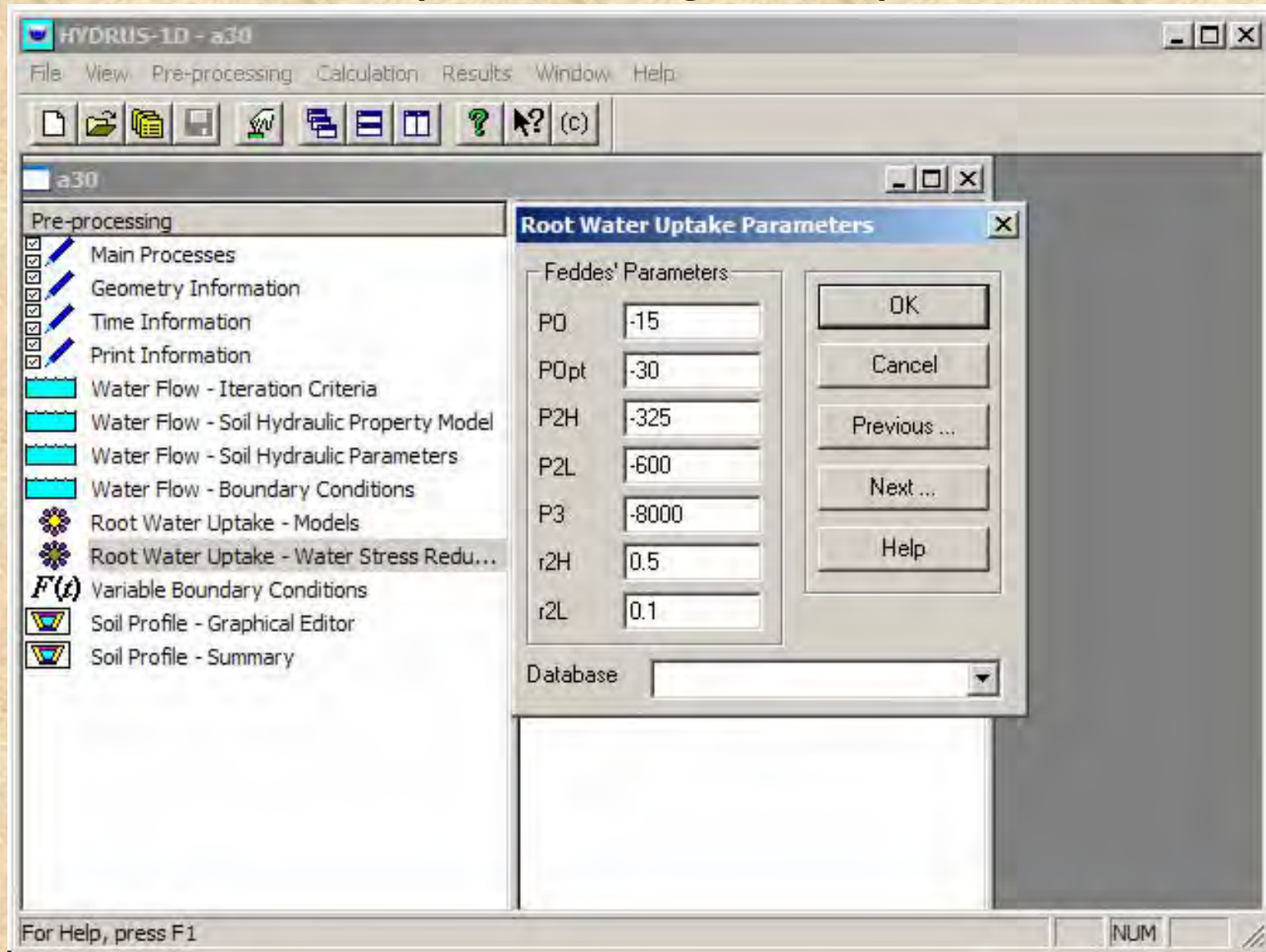


Fig. 2.2 Reduction coefficient for root water uptake, α_{rw} , as function of soil water pressure head h and potential transpiration rate T_p (after Feddes et al. 1978)

Параметры отклика на водный стресс для кукурузы (Wesseling, 1991)

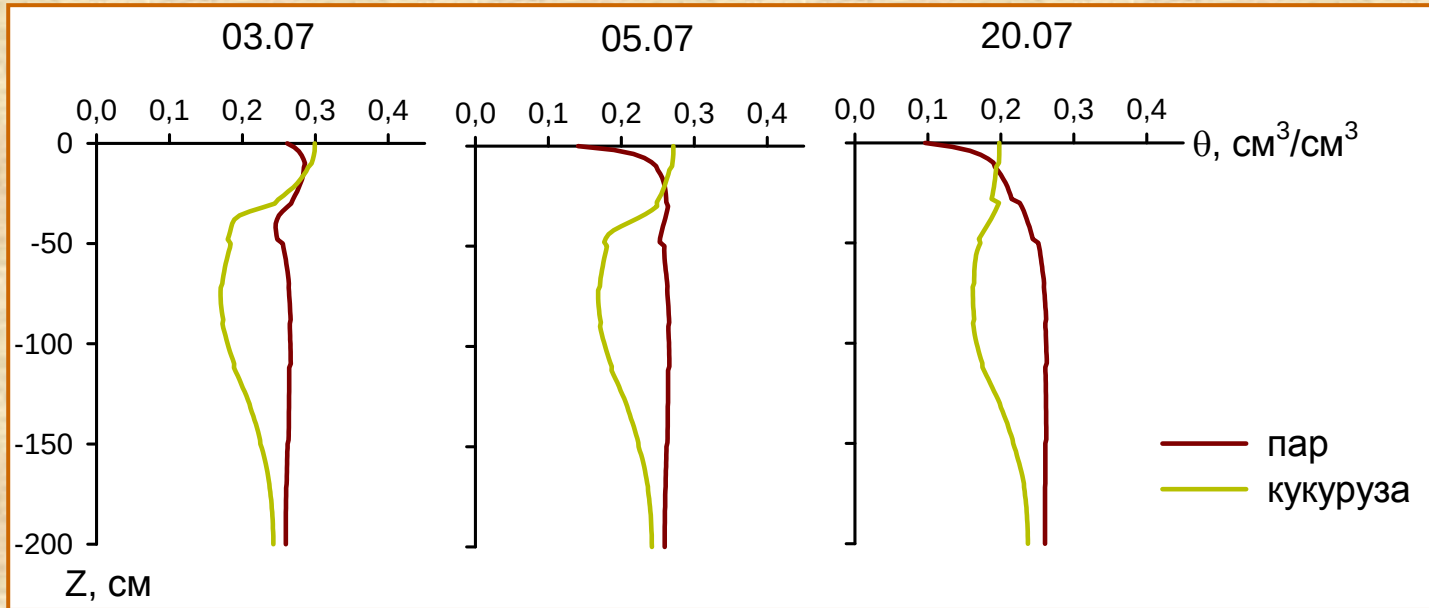


1/2 нормы

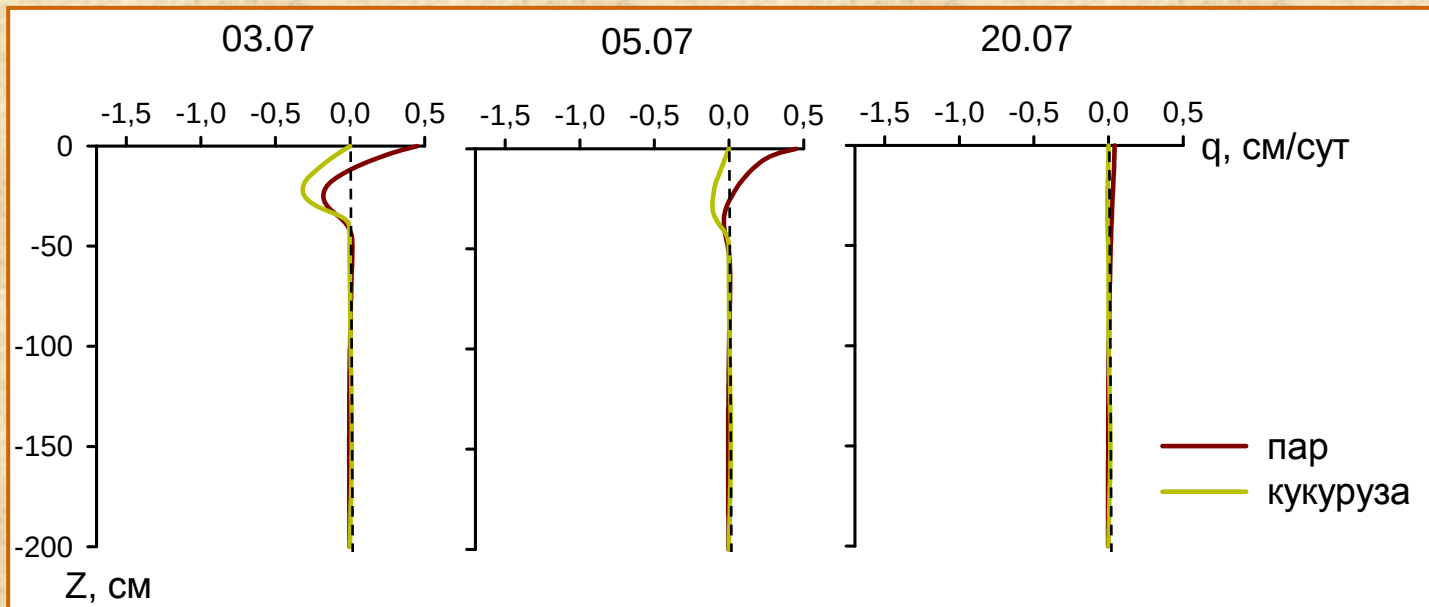
Осадки

Испарение

θ



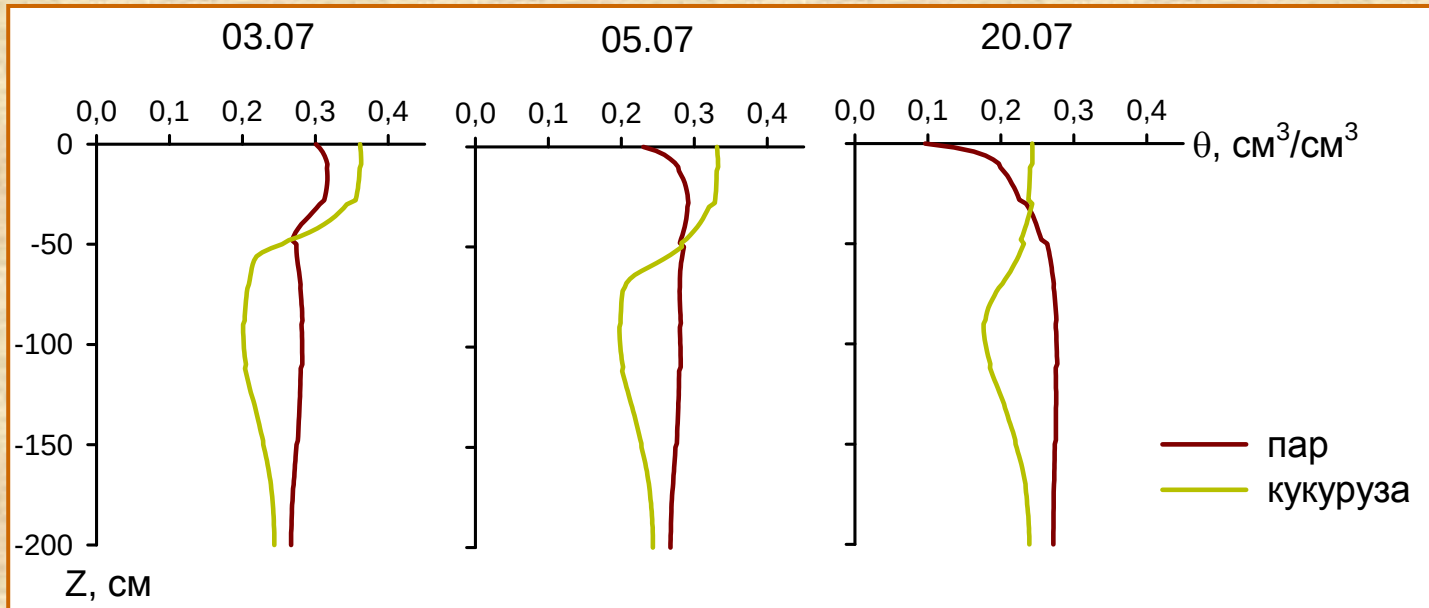
q



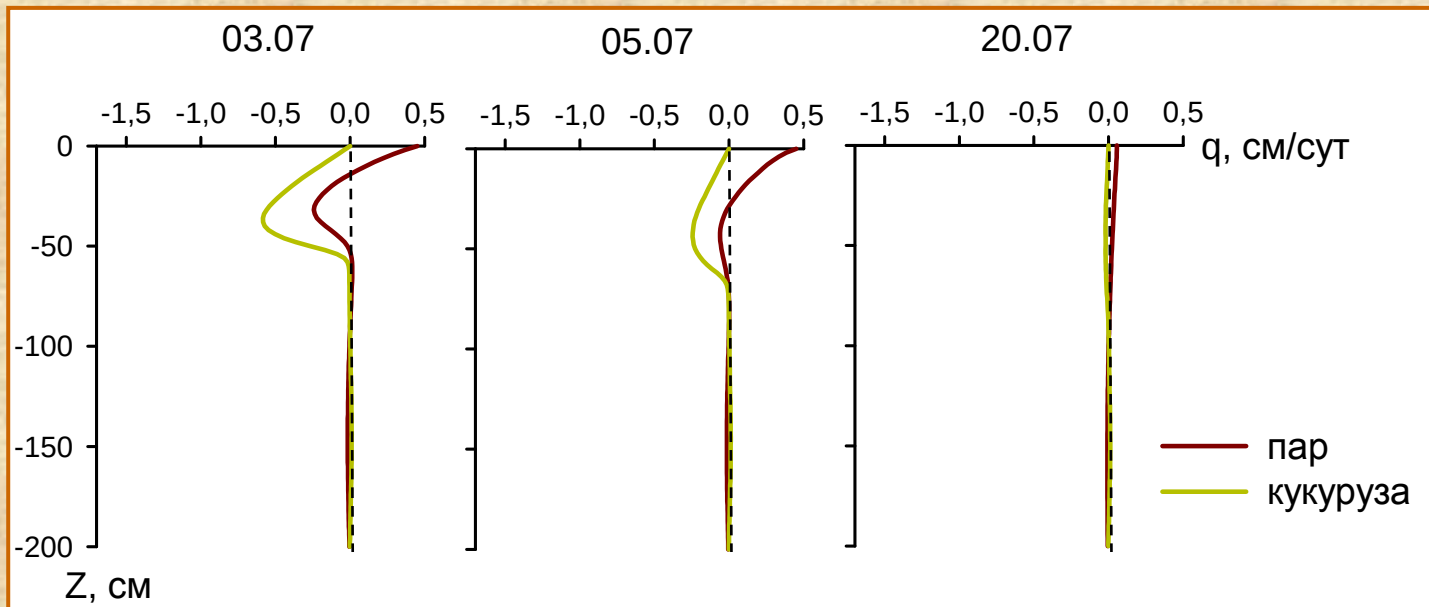
Норма

Осадки Испарение

θ



q

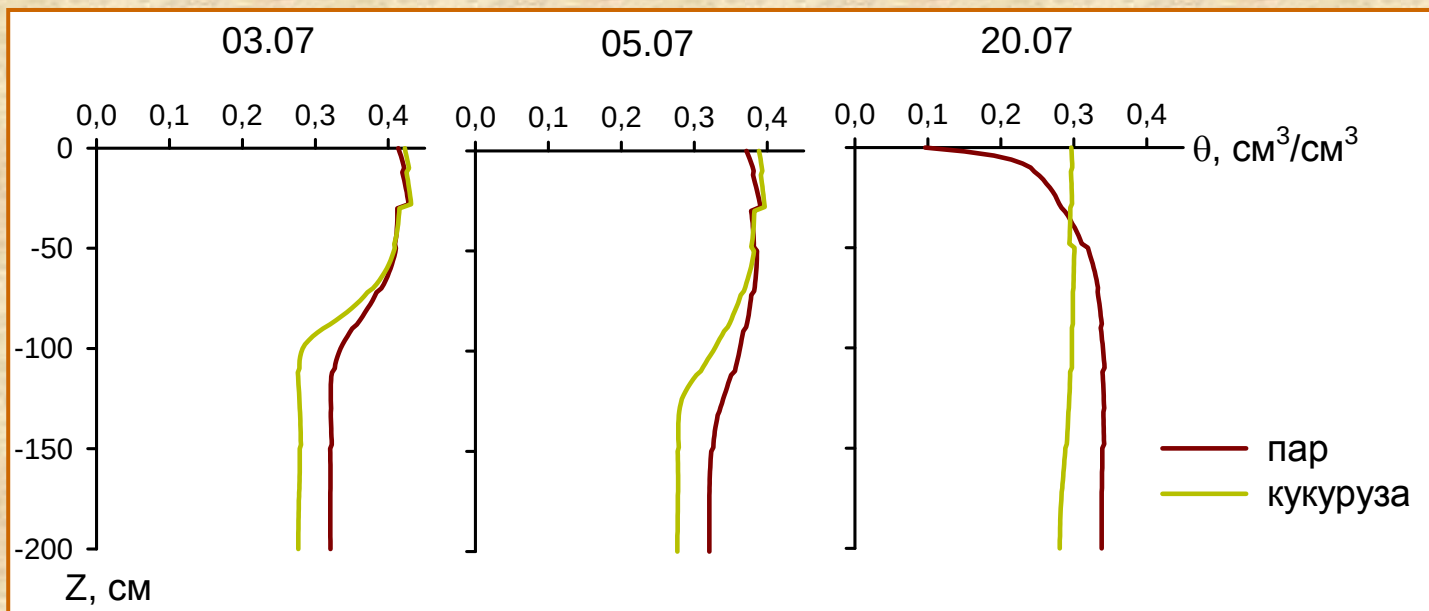


2 нормы

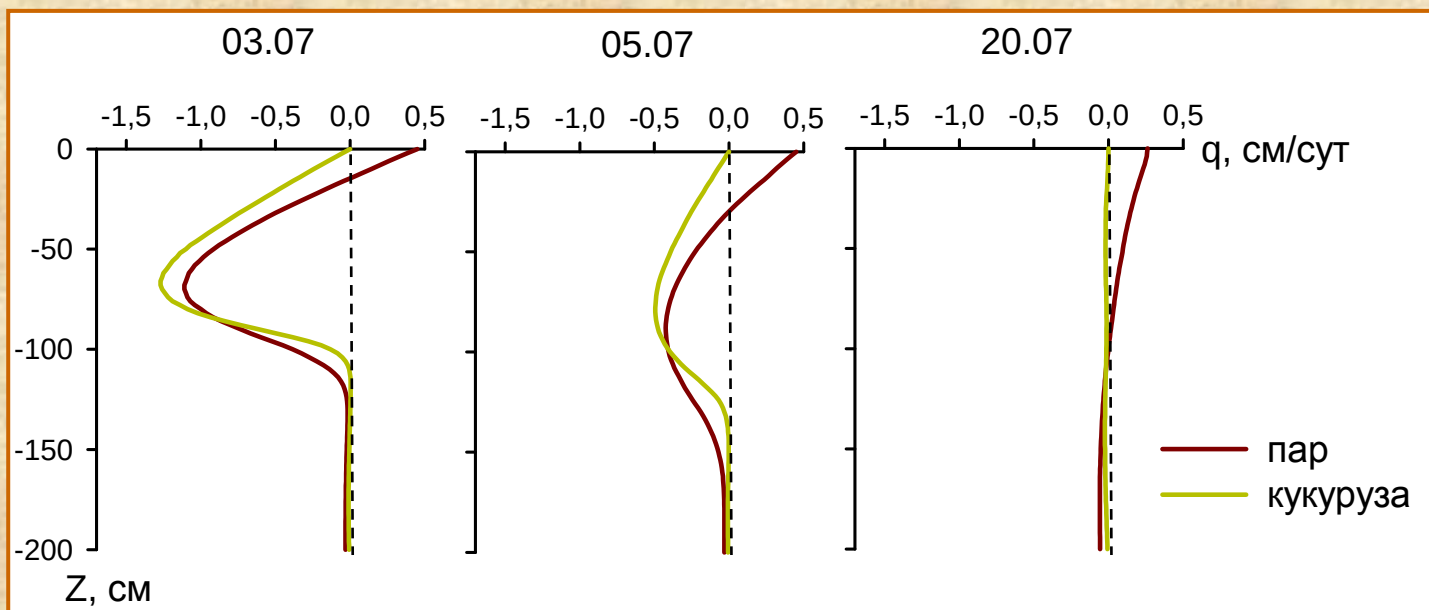
Осадки

Испарение

θ



q

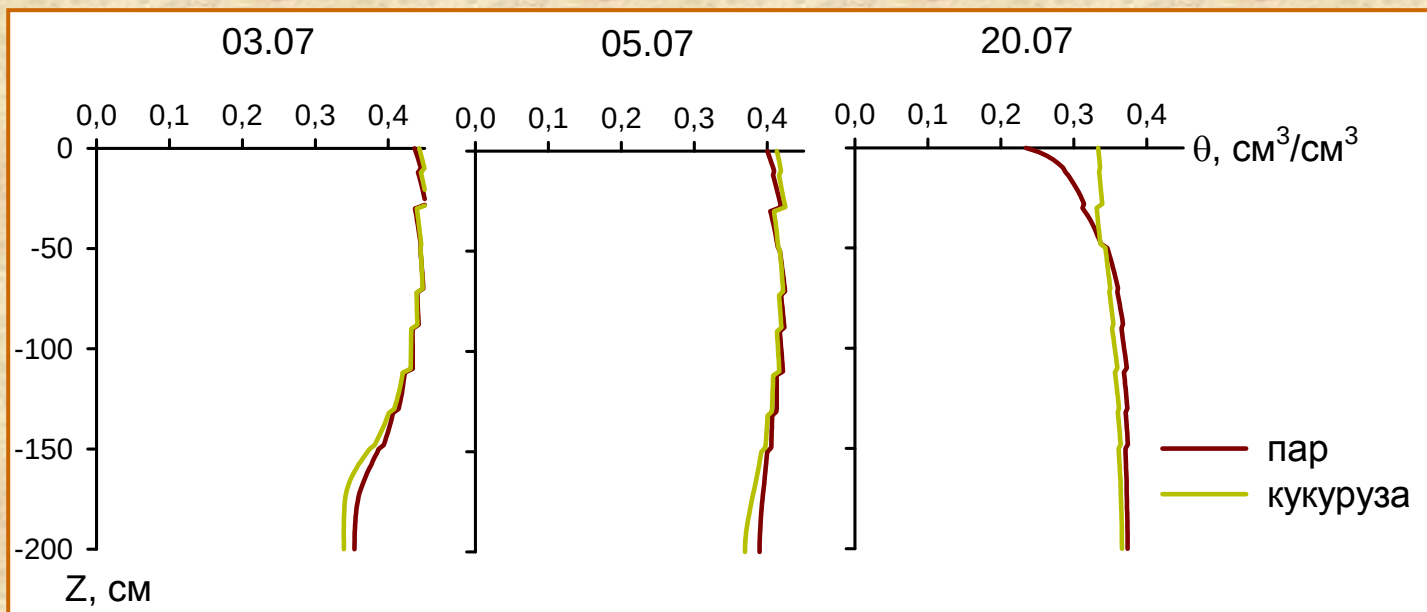


3 нормы

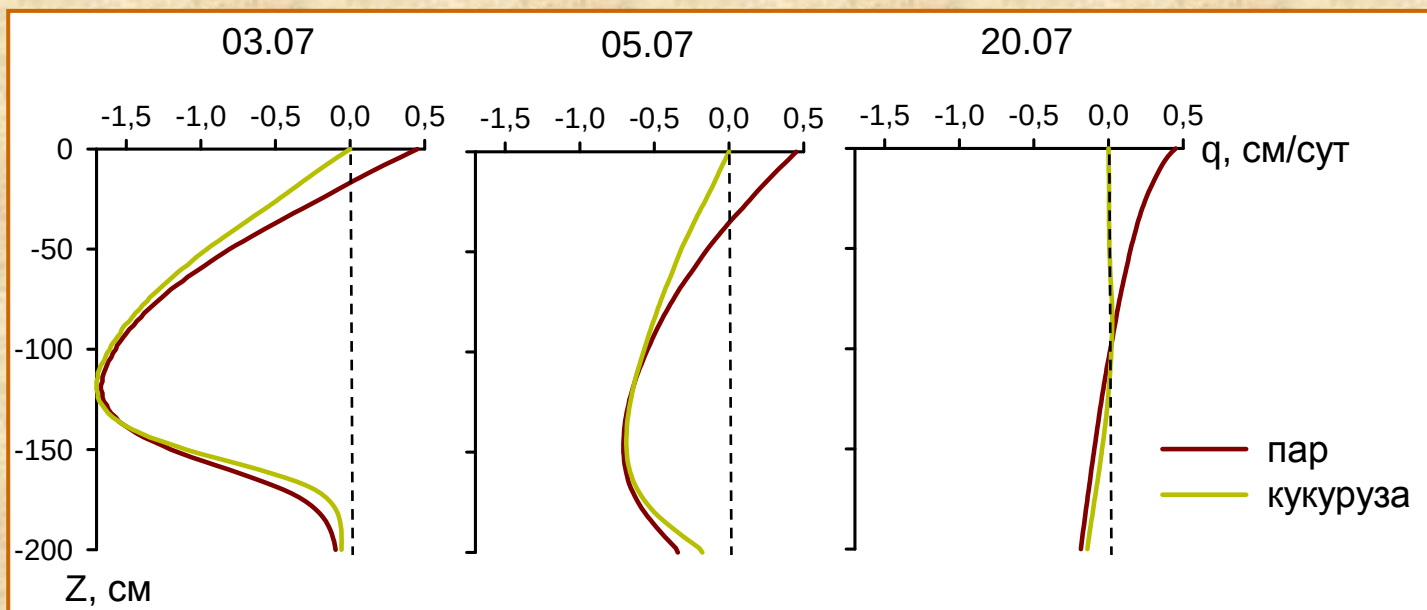
Осадки

Испарение

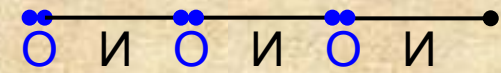
θ



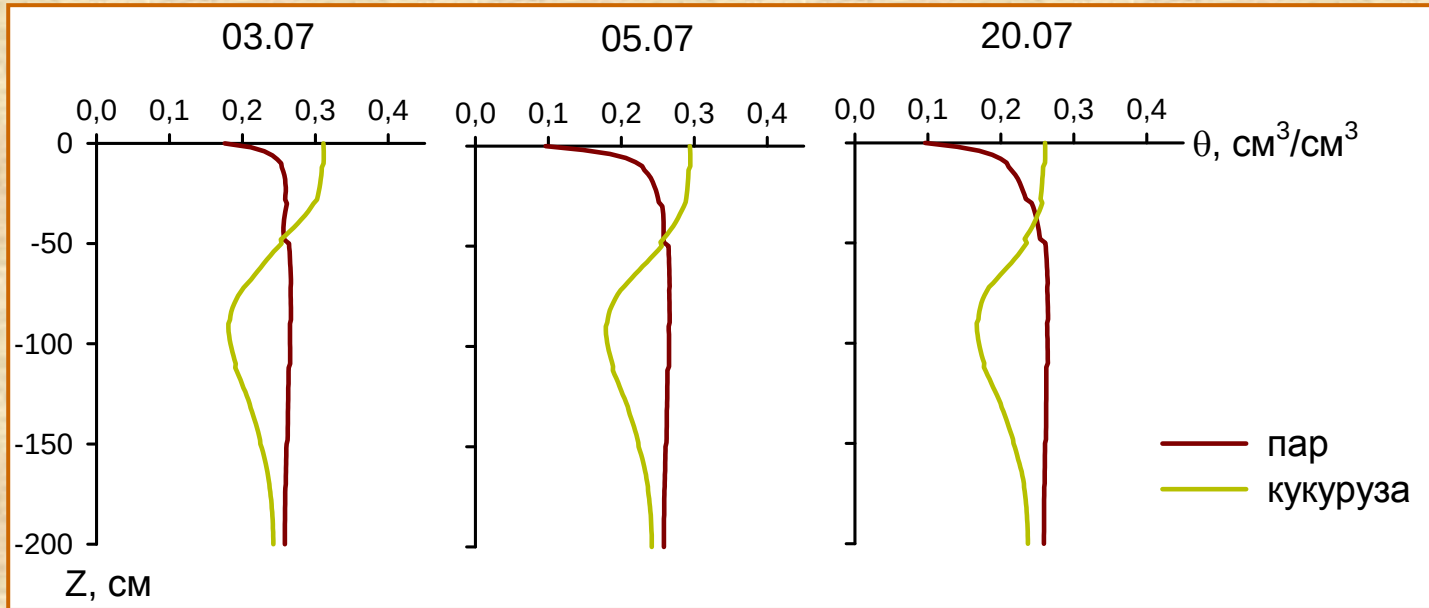
q



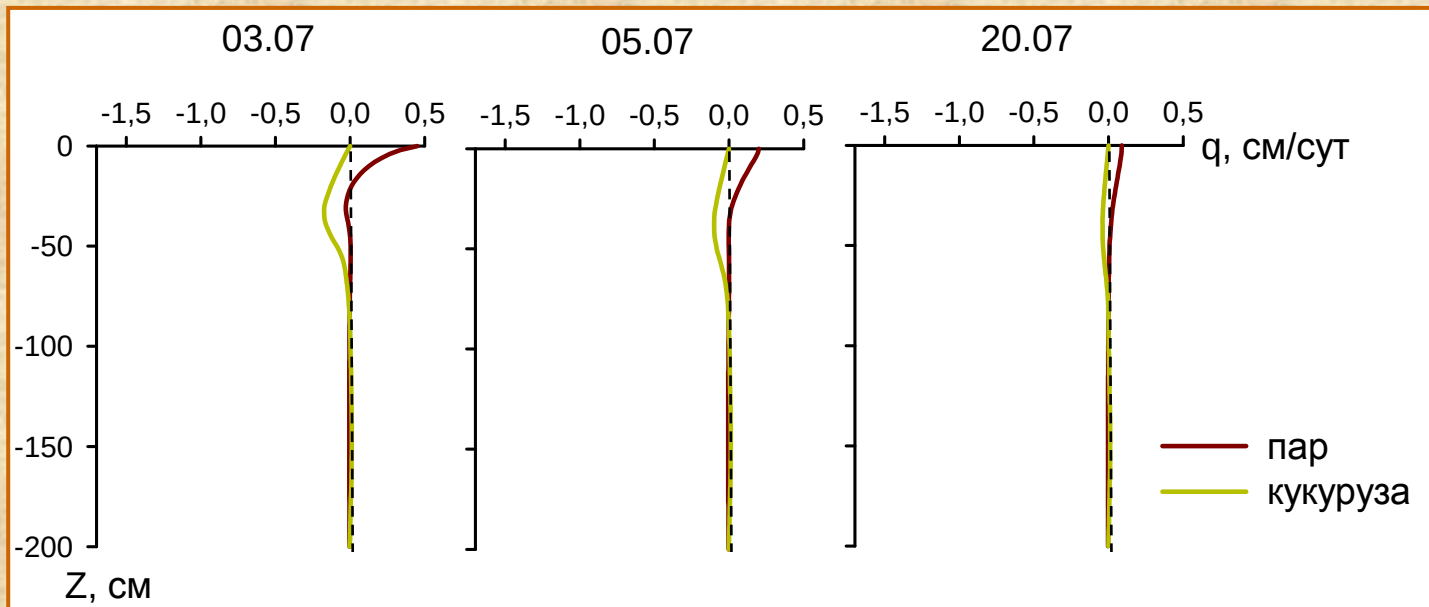
Норма



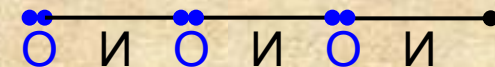
θ



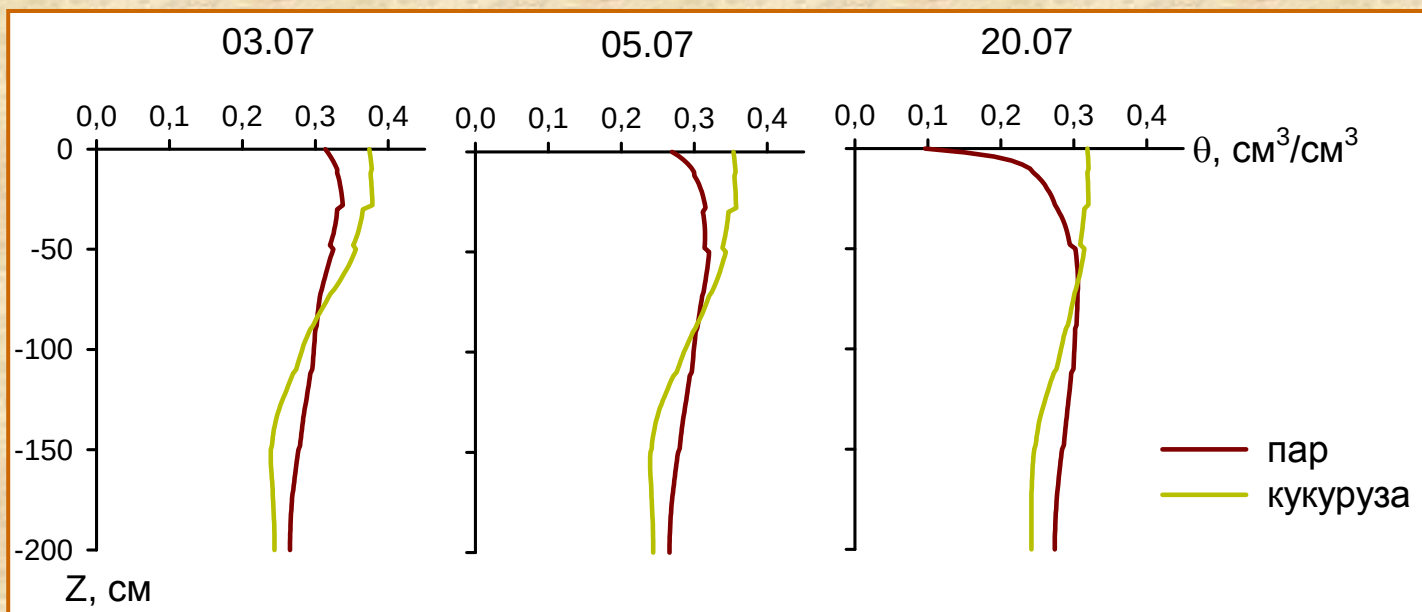
q



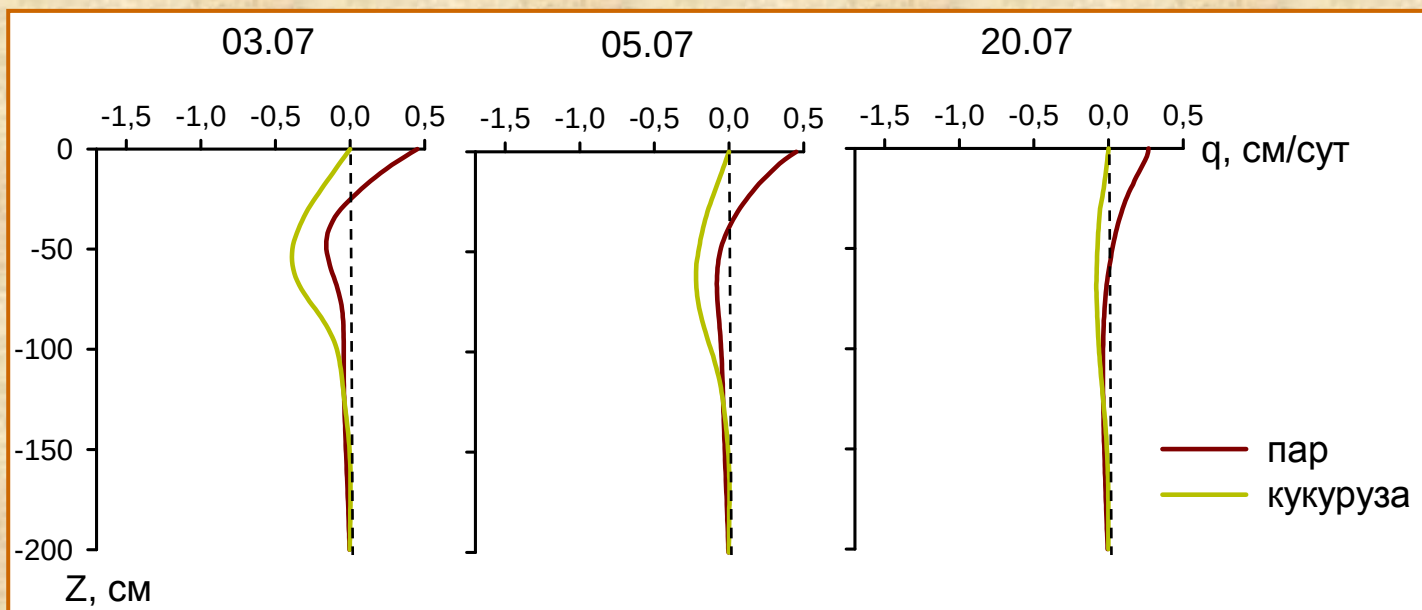
2 нормы



θ



q

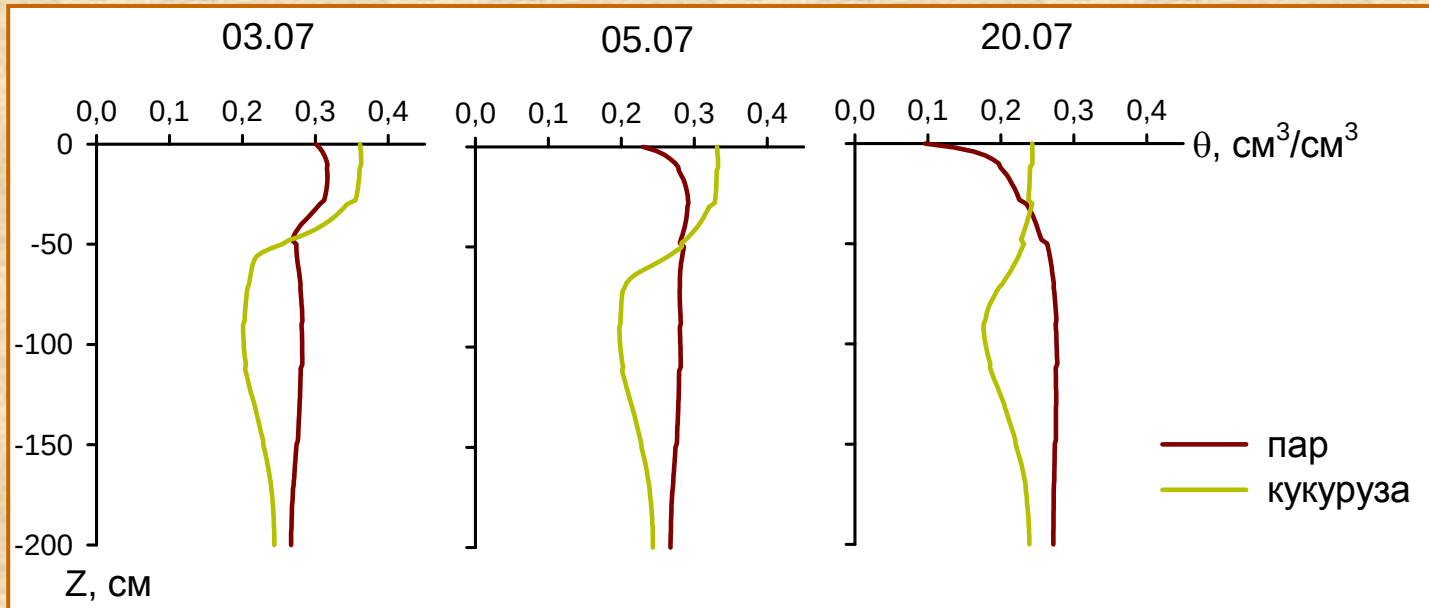


Норма

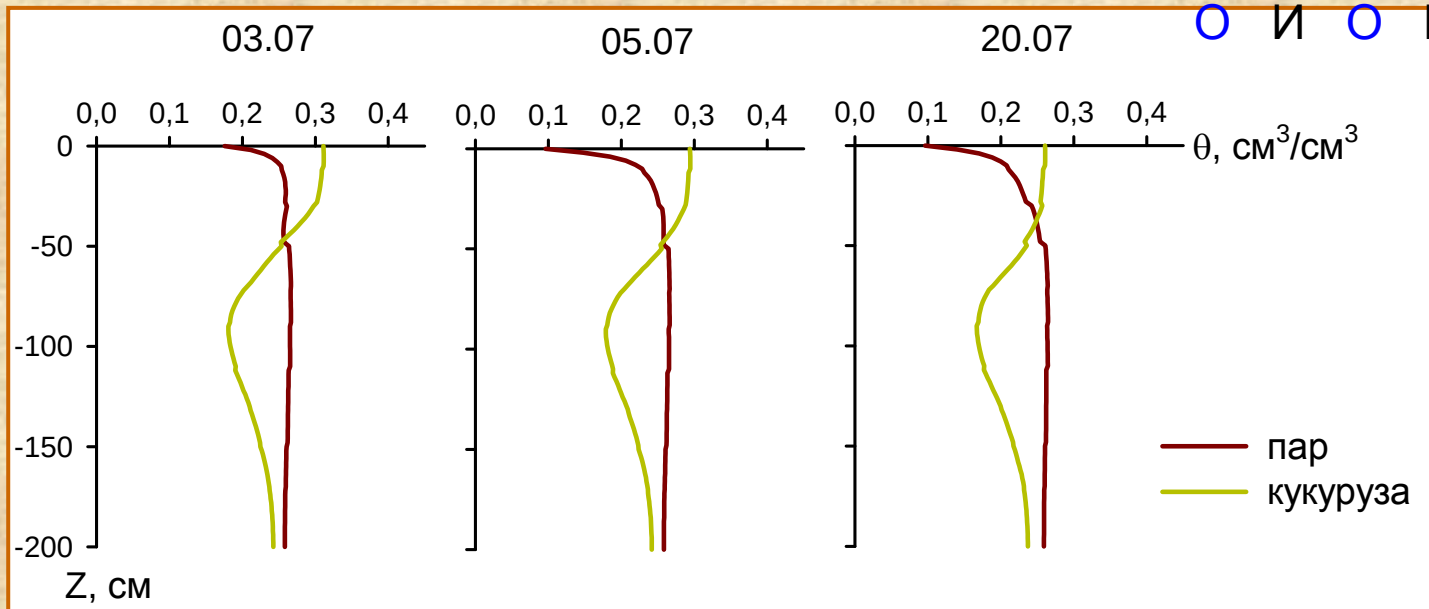
Осадки

Испарение

θ



θ

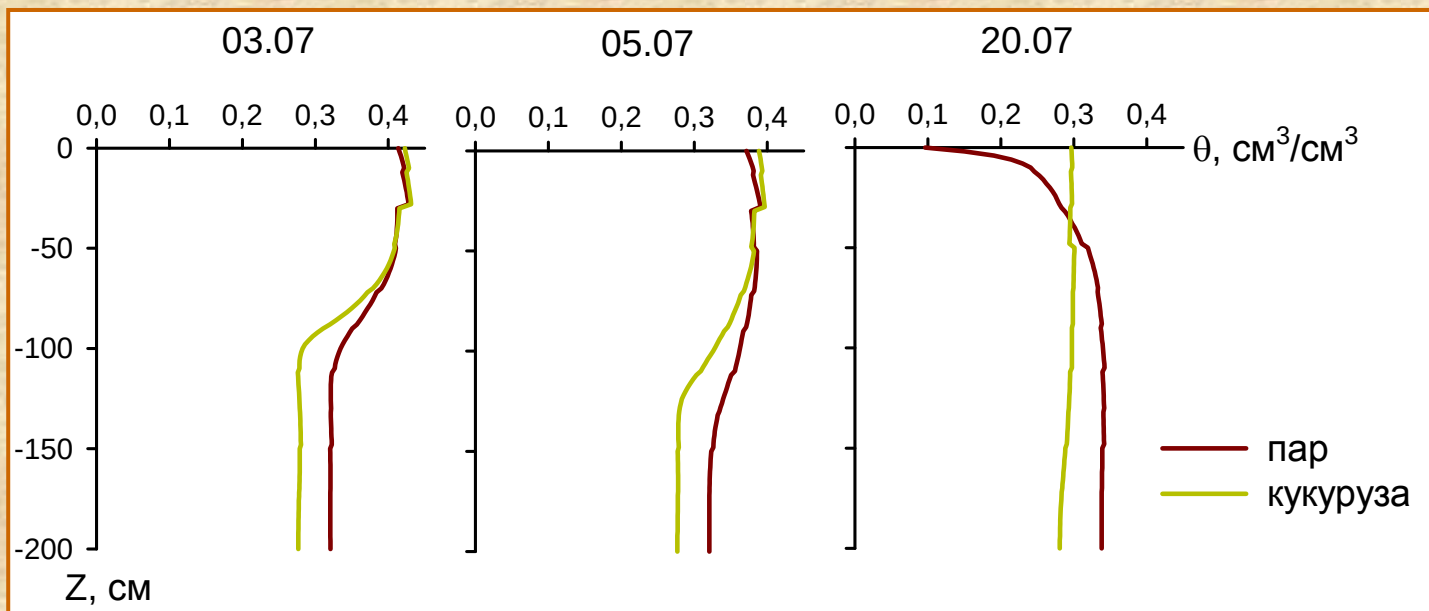


2 нормы

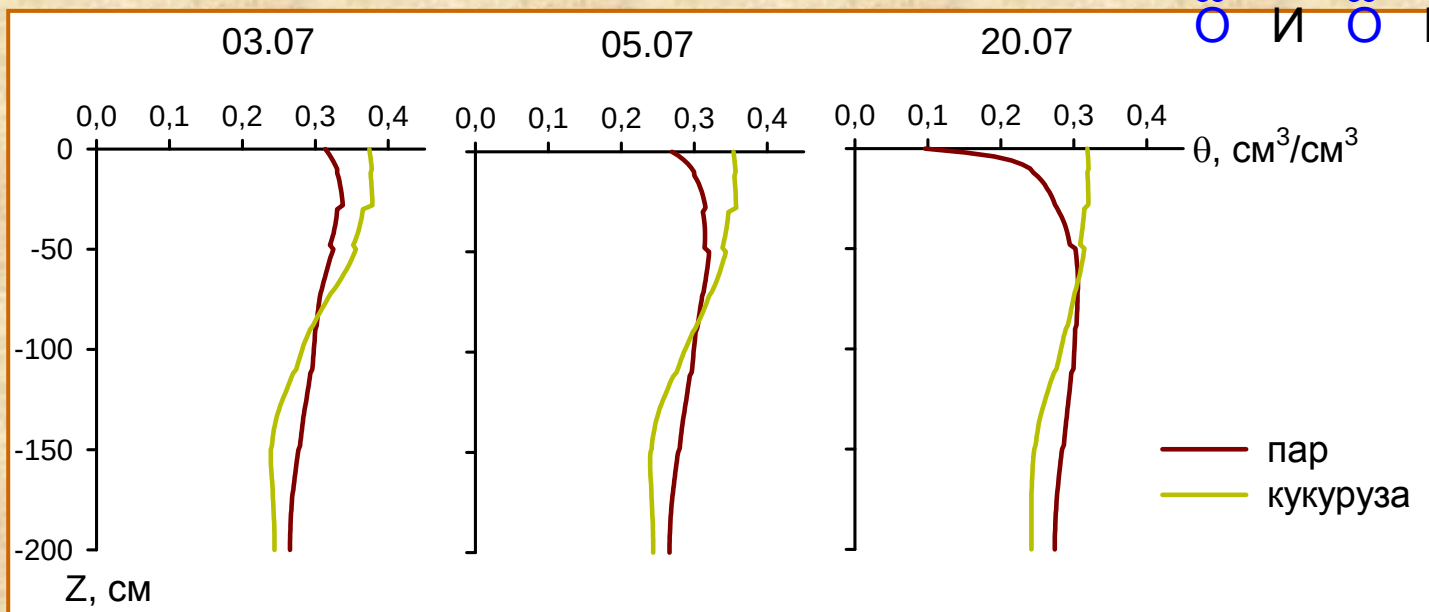
Осадки

Испарение

θ



θ



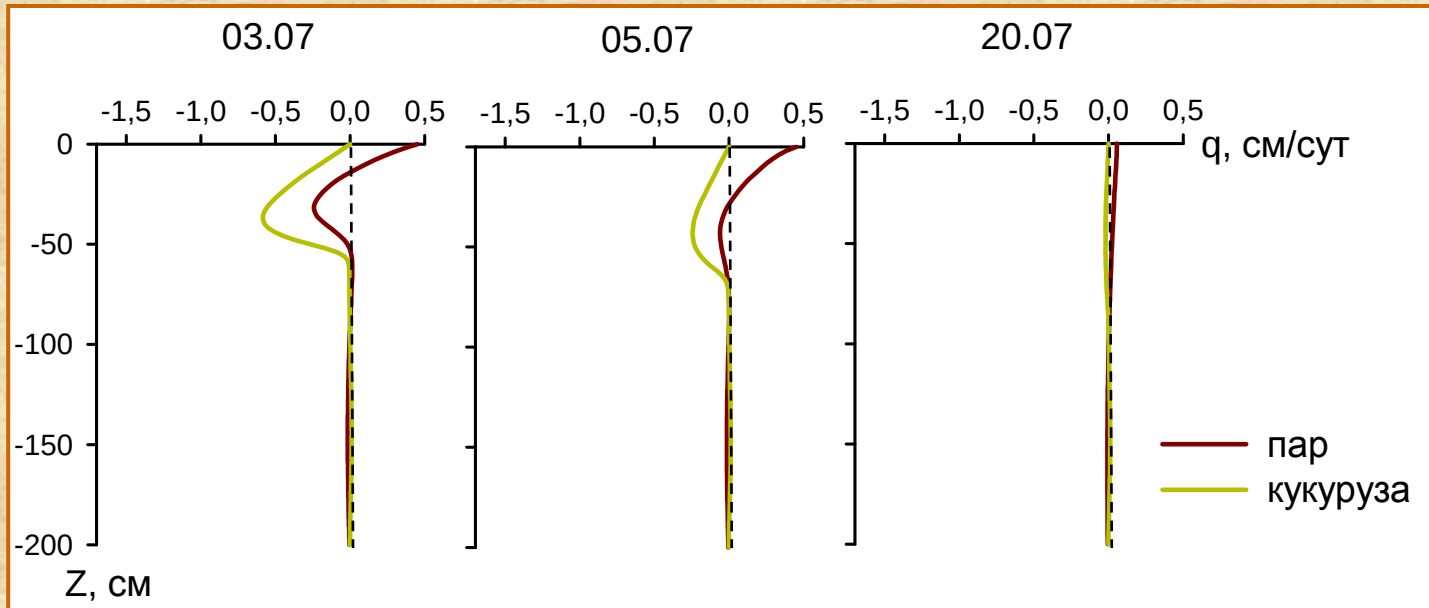
О И О И О И

Норма

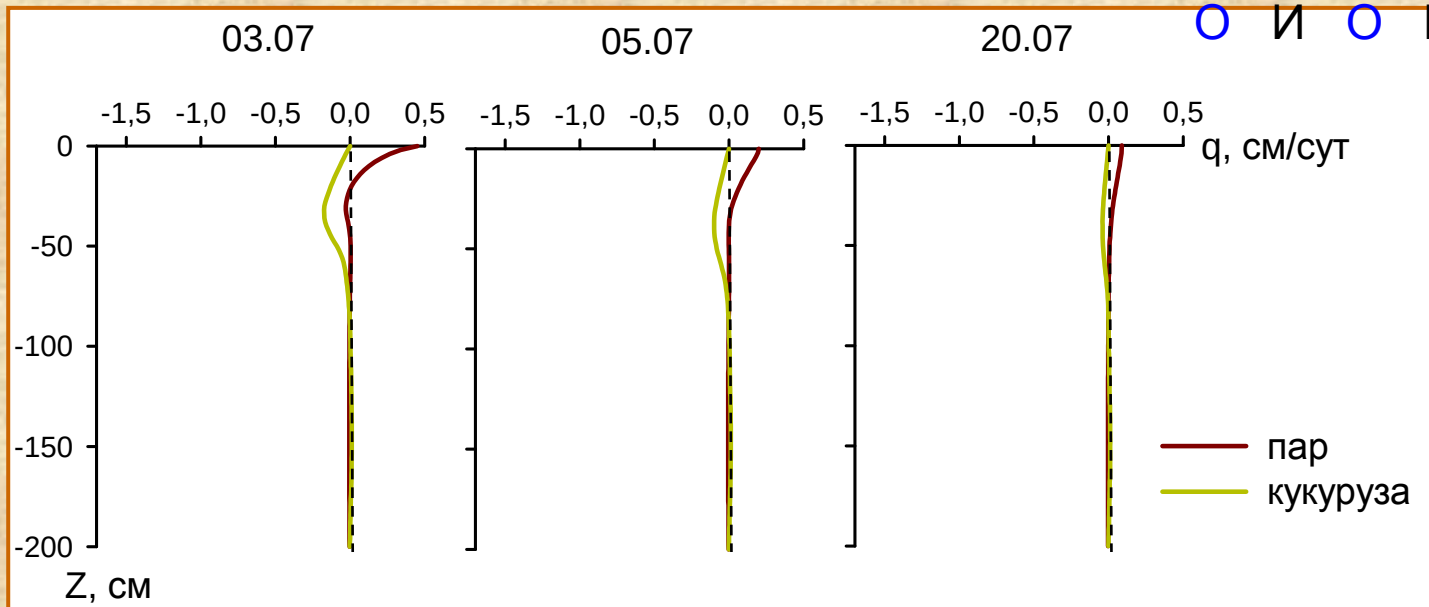
Осадки

Испарение

q



q



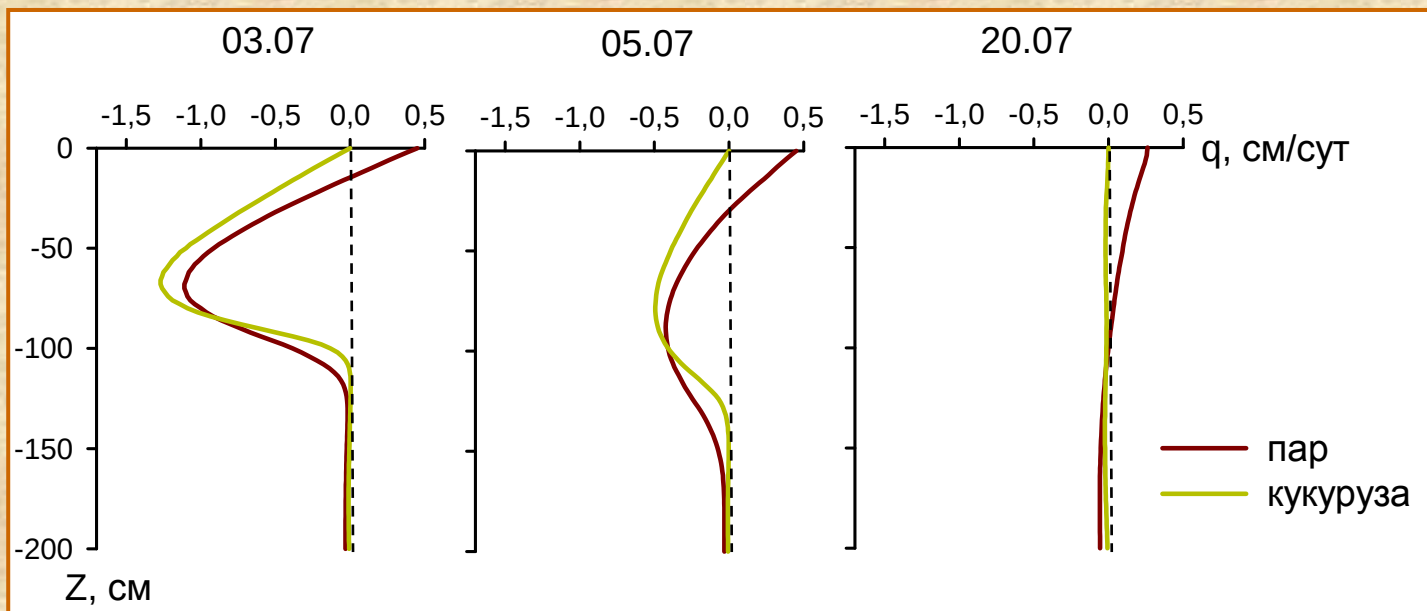
О И О И О И

2 нормы

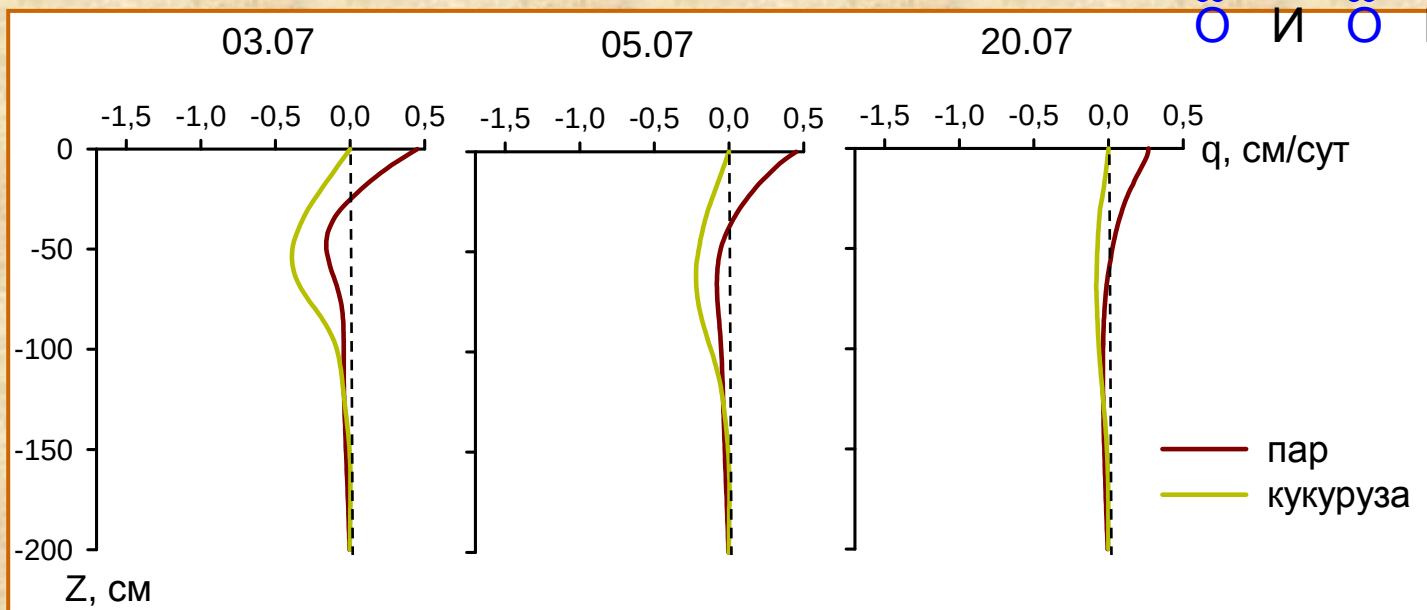
Осадки

Испарение

q



q



О И О И О И

Выводы:

- Гипотеза о том, что различия в уровне залегания карбонатов под паром и под кукурузой связаны с различиями в гидрологических режимах опытных участков, представляется вполне правдоподобной
- Увеличение количества выпадающих осадков приводит к увеличению расхождений в гидрологических режимах участков под паром и под кукурузой
- Ливневый характер осадков является вторым по значимости фактором формирования расхождений в гидрологических режимах исследованных участков



Спасибо за внимание!