

**Валидация результатов
моделирования типа напочвенного покрова
по ступеням увлажнения**

**Validation of simulation of ground cover type by
humidification**

Копысов S.G., Chernova N.A., Klimova N.V.

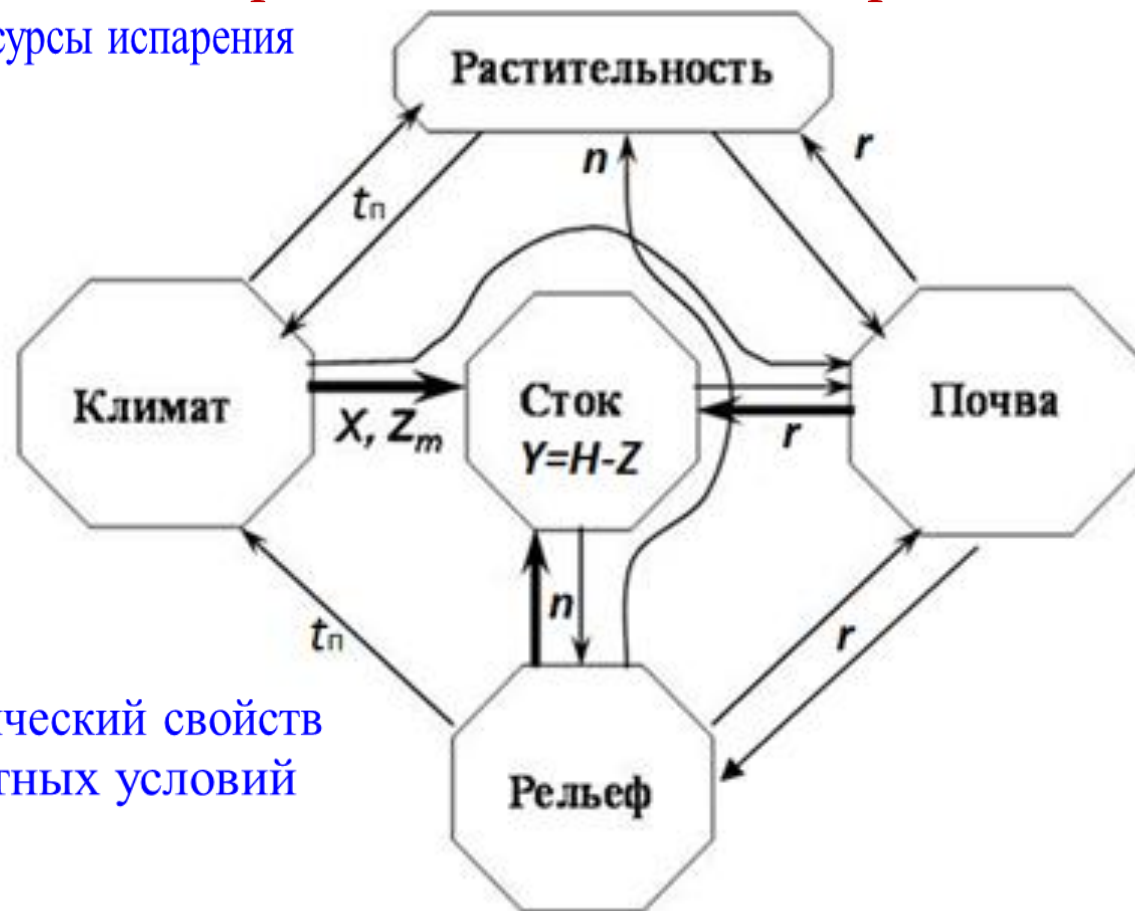
Копысов С.Г., Чернова Н.А., Климова Н.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
wosypok@mail.ru

Взаимосвязь экосистемных и гидро-климатических процессов с обозначением параметров учитываемых в методе гидролого-климатических расчётов

Z_m - Теплоэнергетические ресурсы испарения

X - Осадки



r - параметр водно-физический свойств
 n - параметр ландшафтных условий

Схема взаимосвязи основных факторов формирования стока по М.И. Львовичу (1971)

Современное состояние почв в конкретном ландшафте определяется современной геоситуацией - исторически сложившейся обстановкой, совокупностью факторов в данной точке топографического пространства Земли (Росновский И.Н.).

Естественная растительность и почва в своих признаках подытоживают местные условия за более или менее длинный ряд лет; но надо уметь экологически читать их показания [Раменский Л.Г.].

Ступени увлажнения по шкале Л.Г. Раменского (изменяются от 1 до 120), являются одной из шкал для оценки экологических особенностей местообитаний лугов.

Шкалы Л.Г. Раменского (1938, 1956) делались для луговых территорий европейской части СССР и содержат 120 ступеней увлажнения; шкалы Д.Н. Цыганова (1983) содержат 23 ступени увлажнения; шкалы Э. Ландольта (1977) были разработаны для растений флоры Швейцарии и содержат 5 ступеней увлажнения; а шкалы Г. Элленберга (1974) разработаны для Средней Европы и содержат 15 ступеней увлажнения.

В 1957 году В.С. Мезенцев предложил математическую модель тепловлагообмена между деятельным слоем почвогрунта и атмосферой, получившую название метода гидролого-климатических расчетов.

Основная идея метода ГКР заключается в том, что **водный и тепловой балансы рассматриваются совместно в их неразрывной связи и, что самое главное во взаимосвязи с почвенным покровом, с учетом его водных и физических свойств [3].**

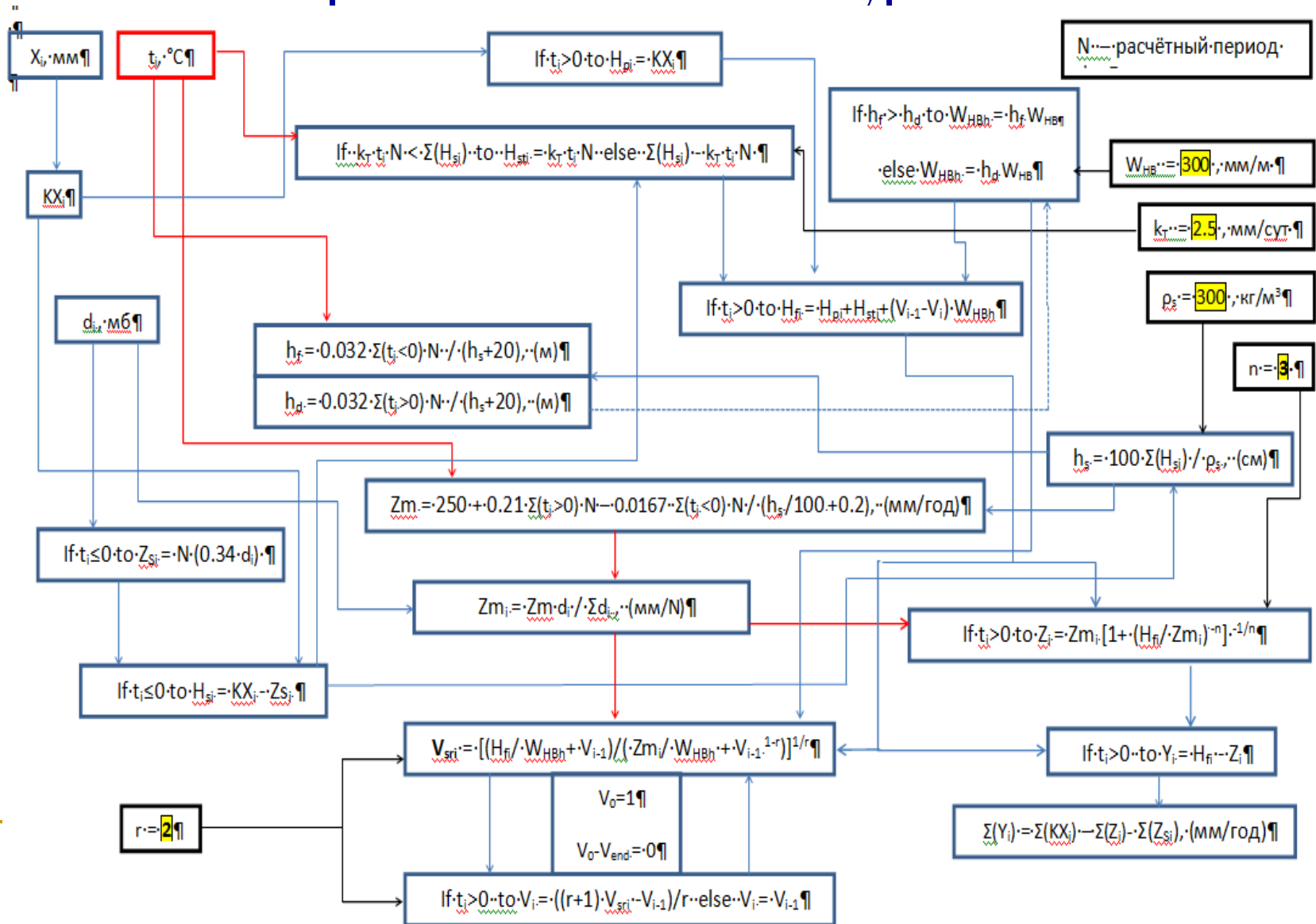
Метод ГКР основан на идеях Э.М. Ольдекопа, А.А. Григорьева и М.И. Будыко. В нём при расчёте испарения учитываются теплоэнергетические ресурсы испарения (Z_M) - они тесно связаны с температурой подстилающей поверхности (t_n), суммарное увлажнение деятельной поверхности (H), состоящее из суммы исправленных атмосферных осадков (X) и изменения влажности деятельного слоя за расчётный период ($W_1 - W_2$). Расчётная формула среднемноголетнего испарения записывается в виде уравнения гиперболической кривой n -ого порядка [3]:

$$Z = Z_M \cdot \left[1 + \left(\frac{X + W_1 - W_2}{Z_M} \right)^{-rn} \right]^{-1/n}, \quad (1)$$

где параметр ландшафтных условий n - отражает геоморфологические условия формирования стока и отражает способность деятельного слоя сбрасывать избыточную влагу под действием сил гравитации; параметр водно-физических свойств r - характеризует способность почвогрунта подводить влагу к испаряющей поверхности и расходовать её на испарение, он зависит от механического состава и засоленности деятельного слоя.

Общая блок схема модели гидролого-климатических

расчётов на локальном уровне



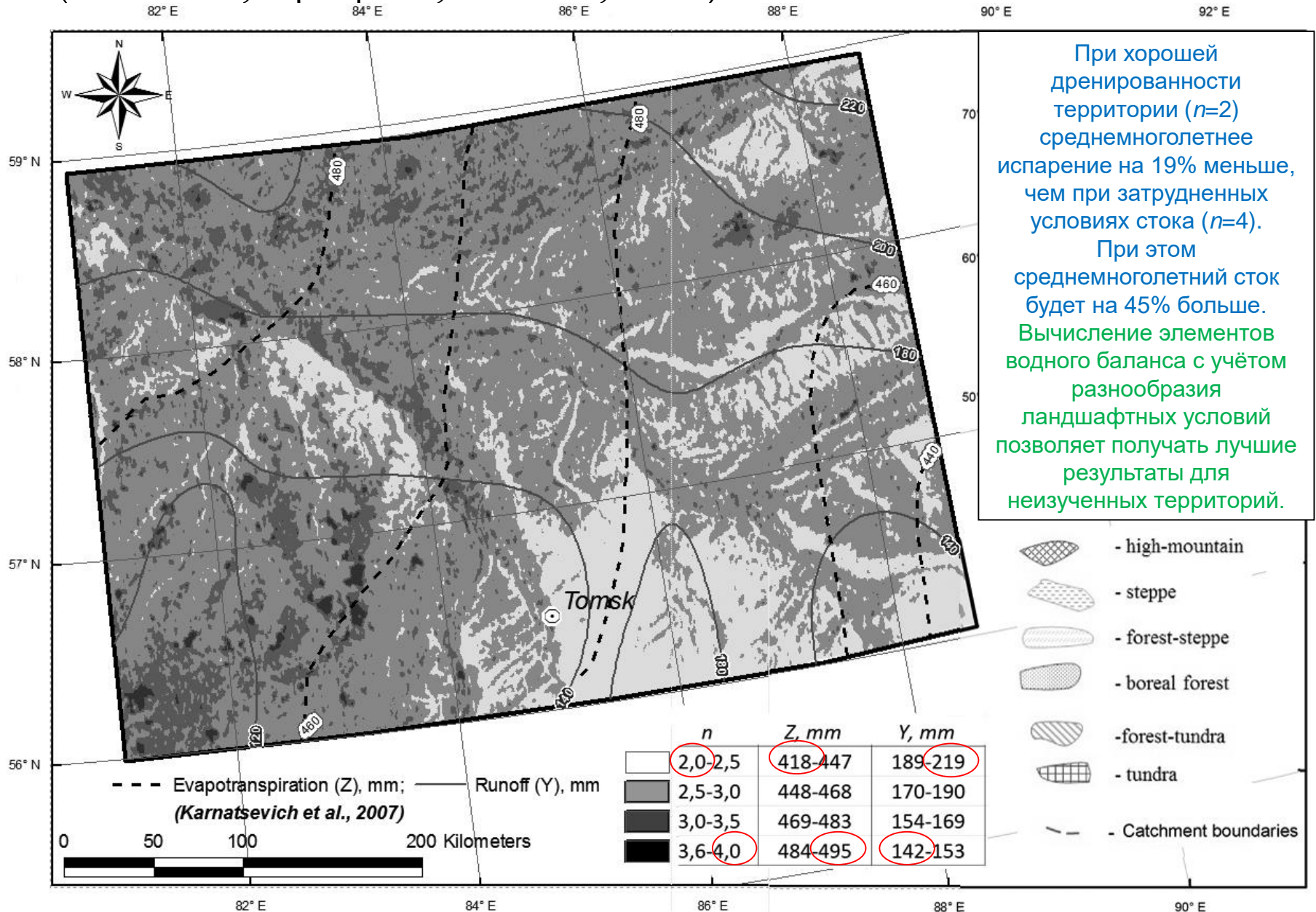
ПАРАМЕТР ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ - УЧИТЫВАЕТ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА И ОТРАЖАЕТ СПОСОБНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ СБРАСЫВАТЬ ИЗБЫТОЧНУЮ ВЛАГУ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ГРАВИТАЦИИ

Величина стока может существенно меняться в зависимости от условий стекания. При наличии данных топографической съемки или цифровой модели рельефа параметр ландшафтных условий стока можно рассчитать [4,5]:

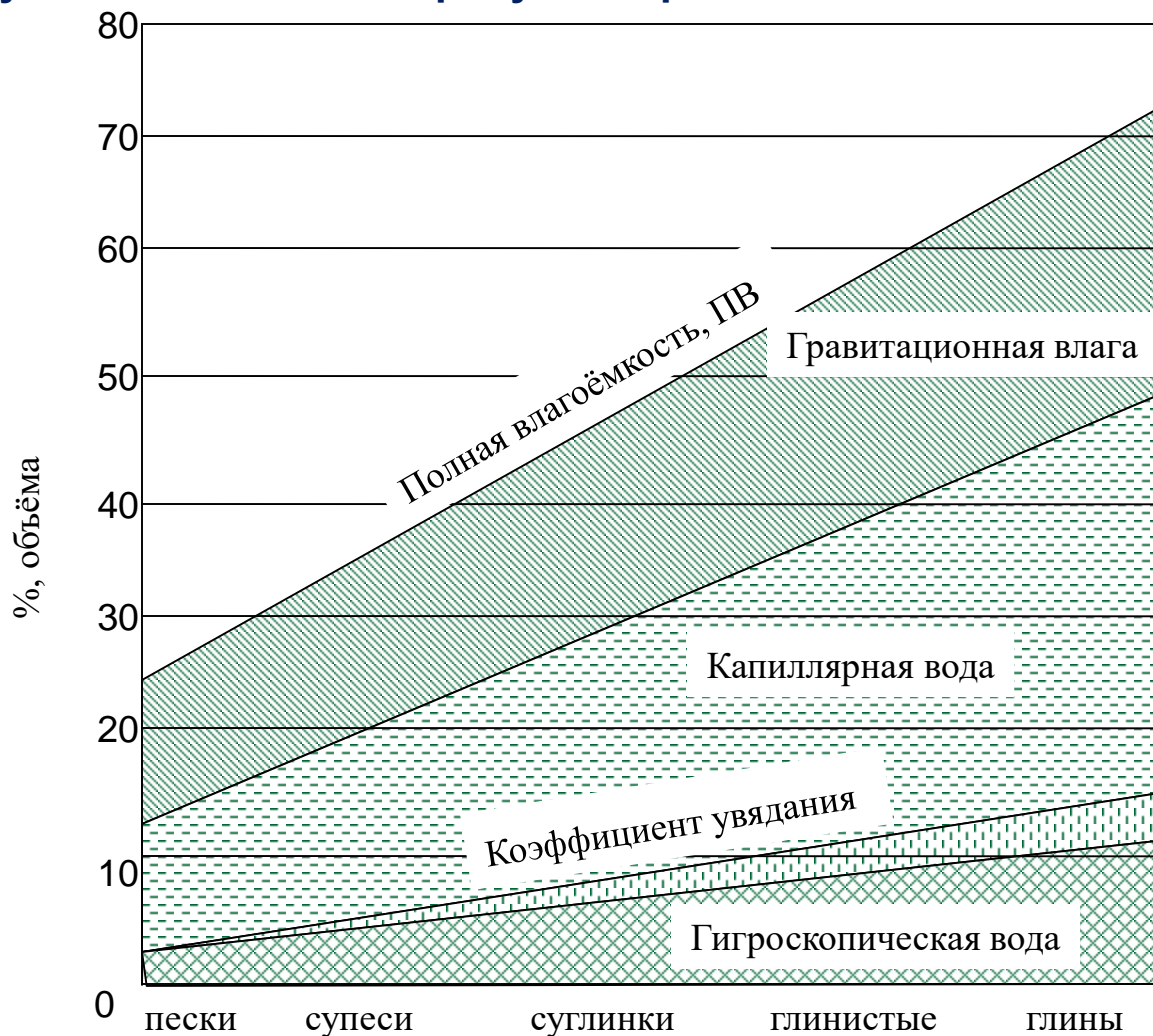
$$n = n_{скл} + 0,22 \cdot \ln \frac{L_{скл}}{\sqrt{i}} \quad \text{или} \quad n = 1,1 + \frac{W_T}{6,1}, \quad (2)$$

где $n_{скл}$ – средний параметр условий стока для всего ландшафта при значении $n_{скл} = 2,5$; $L_{скл}$ – средняя длина склона, км; i – средний уклон микроландшафта, м/м. W_T - индекс потенциальной влажности (Wetness Index) определяется с помощью специализированных ГИС (*SAGA, ILWIS и др*).

Разнообразие элементов водного баланса на ключевом участке (Копысов, Ерофеев, Земцов, 2015)



Для оценочных расчётов можно определять значения полной влагоёмкости по графику в зависимости от гранулометрического состава минеральной почвы.



$$ПВ = \frac{r - 0,15}{0,04}$$

$$НВ = ПВ \cdot \exp\left(-\frac{0,693}{n}\right)$$

Виды почв по механическому составу

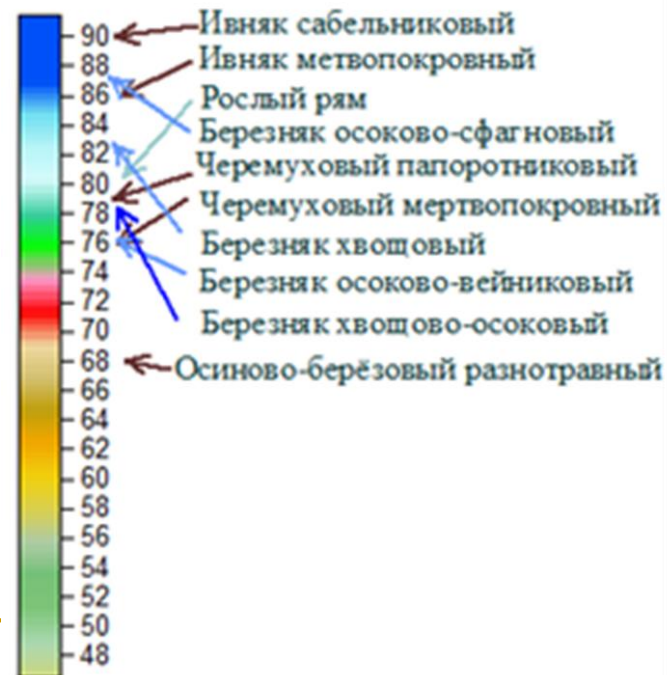
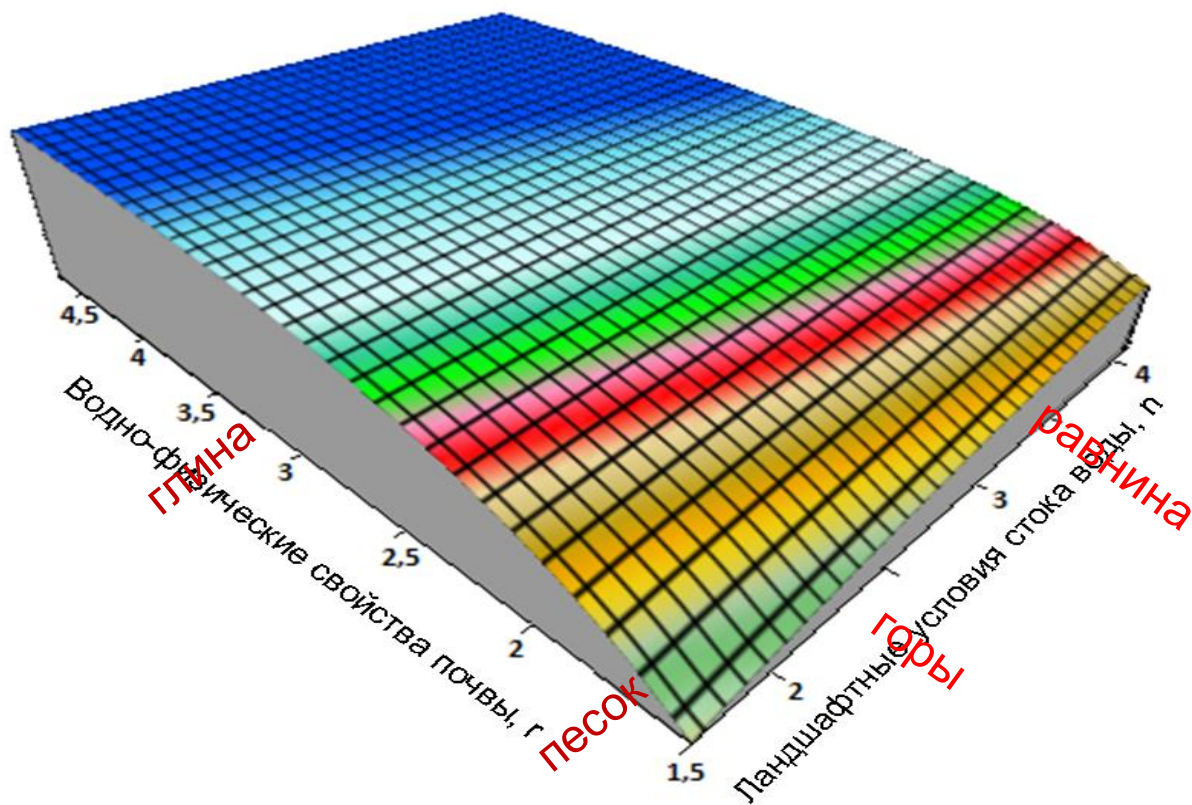
Если на конкретном участке процветает какой-то набор видов растений, то это говорит наличии необходимых экологических условий и формирования соответствующих почв, так как **степень увлажнения деятельного испаряющего почвенного слоя находится в полной соразмерности с теплоэнергетическими ресурсами**

Количественной характеристикой растительного компонента экосистем является увлажнение в степенях по шкале Раменского (CU), которое связано с почвенной и гидрологической компонентами системы через относительную влажность разрыва капилляров, отражающую доступность влаги растениям.

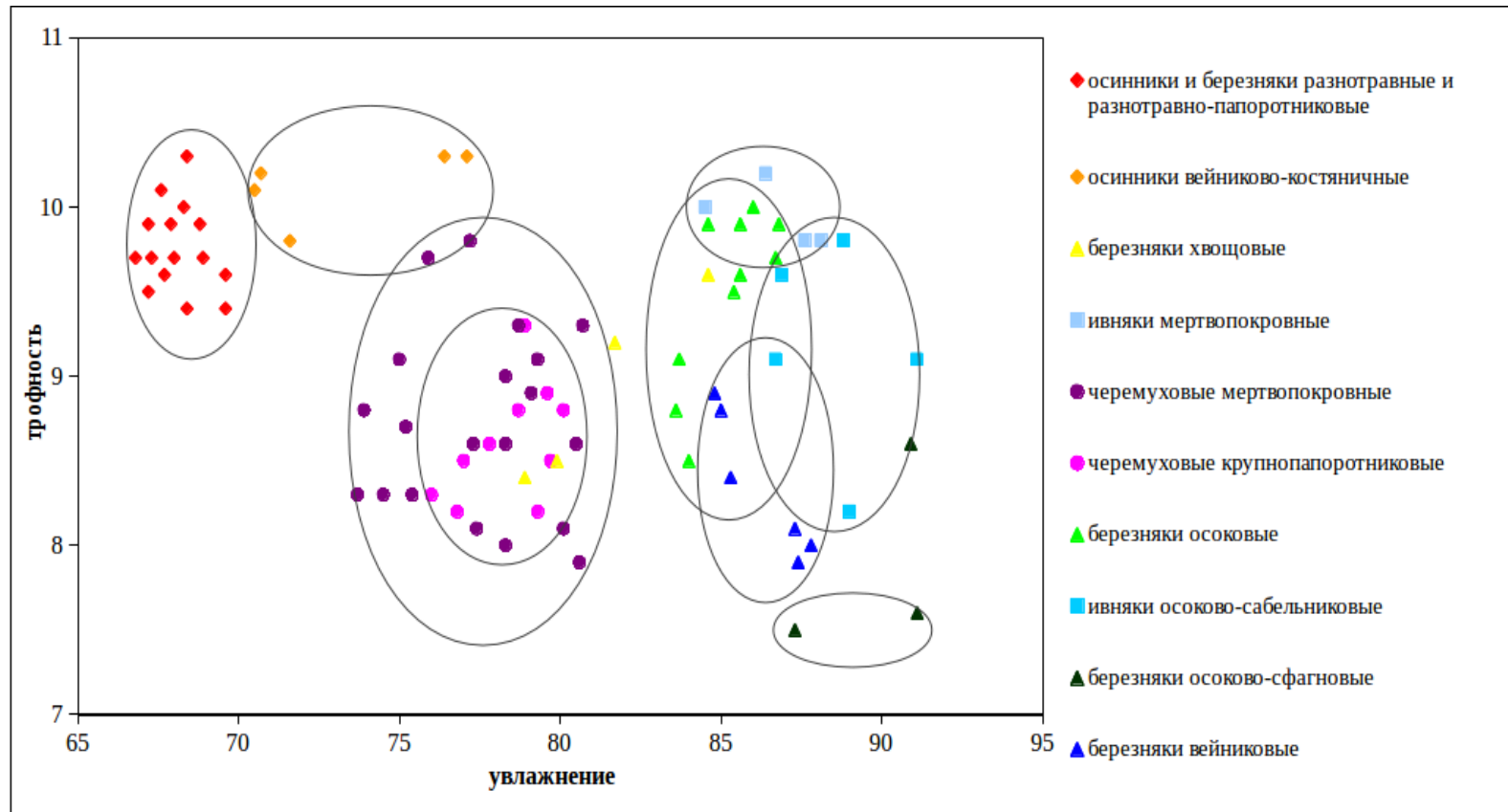
:

$$CU = 100 \cdot \beta_H \cdot V_{PK} = 100 \cdot \beta_H \cdot \left(\frac{r-1}{rn+1} \right)^{1/m}$$

Связь гидрологического, почвенного и растительного компонентов ландшафтов при оптимальной увлажненности

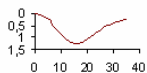


Определение по модельным ступеням увлажнения (СУ) конкретного типа растительного покрова затруднительно, так как для более точной характеристики необходимо учитывать трофность – богатство местообитания

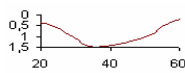
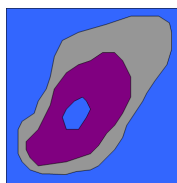


Гидролого-экологические условия в центральной части различных типов западин Томского Приобья

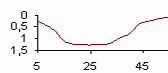
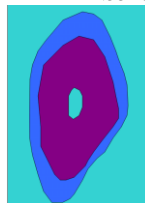
$n = 2,7$ E83° 54' 26"
N56° 09' 58"



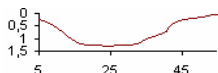
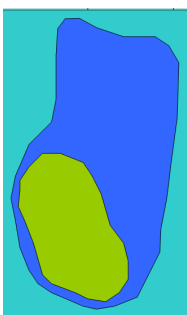
$n = 2,7$ E83° 49' 57"
N56° 04' 08"



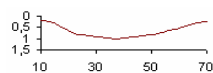
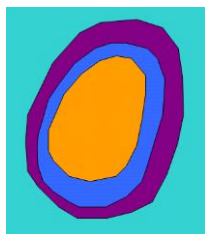
$n = 2,9$ E82° 34' 01"
N55° 34' 01"



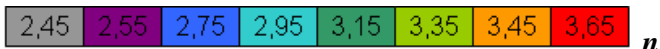
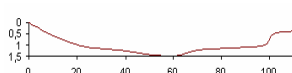
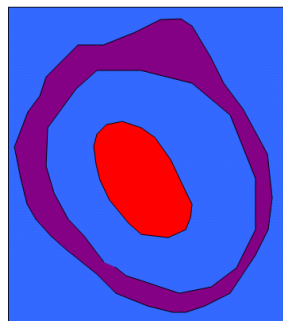
$n = 3,1$ E82° 55' 34"
N56° 36' 53"



$n = 3,4$ E83° 44' 33"
N56° 19' 05"



$n = 3,6$ E83° 53' 25"
N56° 24' 15"



**Разнообразие
параметра
ландшафтных
условий стока
в процессе
развития
западин**

ИЗВЕСТИЯ РАН. СЕРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ, 2015, № 5,

**МНОГОЛЕТНИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЗАПАДИН
ЮГА ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ¹**

Таблица. Гидрологическая типизация западин

© 2015 г. С.Г. Копысов

Тип западины, ее профиль и обозначение	Характеристики ядра западины			
	относительная площадь ядра	отношение площади водосбора западины к площади ее ядра	параметр водно-физических свойств	параметр ландшафтных условий стока
Воронкообразная (VZ)	0.03–0.06	$30 < F/f \leq 15$	$2 < r \leq 2.4$	$n \leq 2.8$
Переходная (PZ)	0.07–0.14	$15 < F/f \leq 8$	$2.4 < r \leq 2.8$	$2.8 < n \leq 3.2$
Плоскодонная (SZ)	0.15–0.2	$8 < F/f \leq 3$	$2.8 < r \leq 3.5$	$n > 3.2$

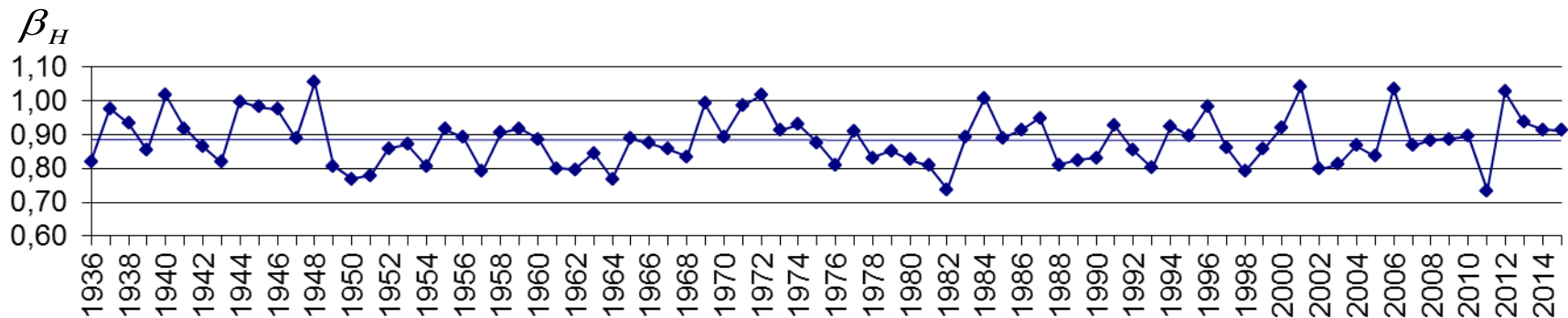
Если рассматривать ландшафты на локальном уровне, то там встречаются замкнутые понижения – западины, в которых увлажнение будет существенно выше. Чтобы учесть эту локальную специфику, для центральной части западин относительная увлажненность должна включать приток воды с водосбора западины:

$$\beta_{H \text{ зап}} = \beta_H + \delta \cdot Y, \quad (5)$$

где Y – среднегодовое климатическое количество осадков с водосбора западины, а δ - коэффициент боковой проточности, определяется по соотношению площадей ядра западины и её водосбора. Более подробно с гидрологическим режимом западин можно познакомиться в работе С.Г. Копысова 2015 года.

ТИП ЗАПАДИНЫ	КОЭФФИЦИЕНТ БОКОВОЙ ПРОТОЧНОСТИ	ПАРАМЕТР r	ПАРАМЕТР n	СТУПЕНЬ УВЛАЖНЕНИЯ (СУ)		
				По модели		ПО БОТАНИЧЕСКИМ ОПИСАНИЯМ
				без учета локальных условий	С УЧЁТОМ ПРИТОКА (Ф-ЛА 5)	
ВОРОНКООБРАЗНАЯ	0,03-0,06	2- 2.4	2.8≤	74-78	71-81	71-83
ПЕРЕХОДНАЯ	0,06-0,125	2.4- 2.8	2.8 - 3.2	78-83	81-89	79-88
ПЛОСКОДОННАЯ	0,125-0,33	2.8- 3.5	>3.2	83-87	89-95	85-93

ГИДРОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЗАПАДИН ТОМСКОГО ПРИОБЬЯ



Изменение относительной увлажненности деятельного слоя по ГМС Томск

Структура растительных сообществ, по причине существенных колебаний увлажненности деятельного слоя от года к году, может существенно меняться, что особенно заметно на экотонах. Эти изменения хорошо отражают ступени увлажнения (СУ) по шкалам Л.Г. Раменского. Однако, для полной смены растительных сообществ требуется длительное многолетнее однонаправленное изменение увлажненности, а этого по данным ГМС Томск не происходит.

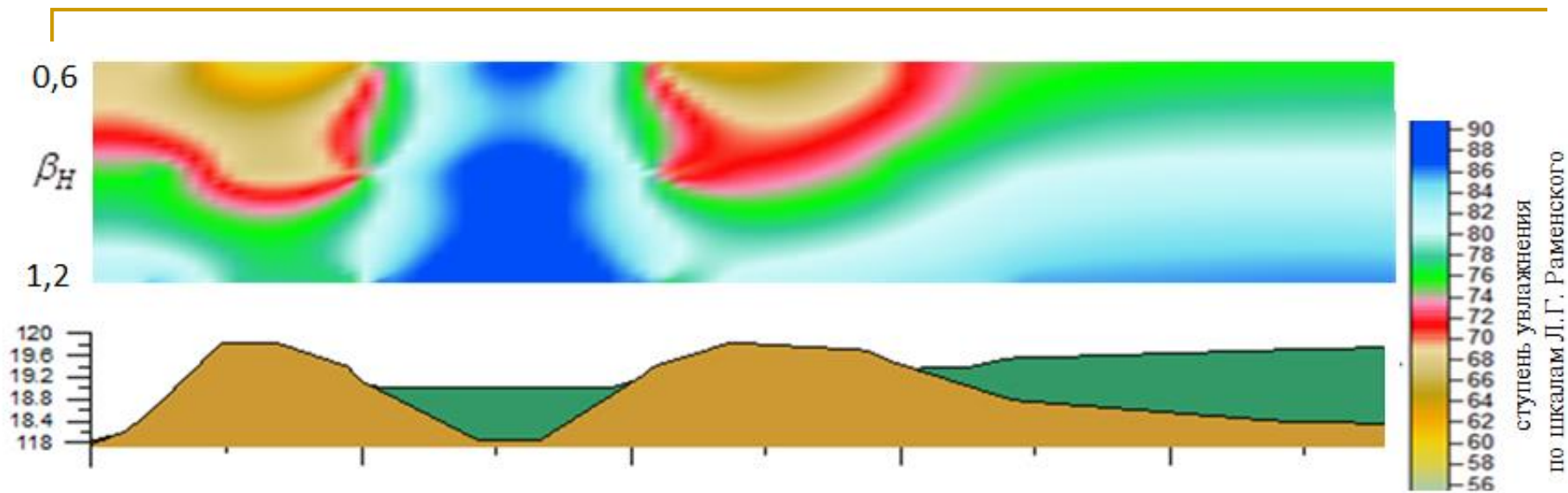
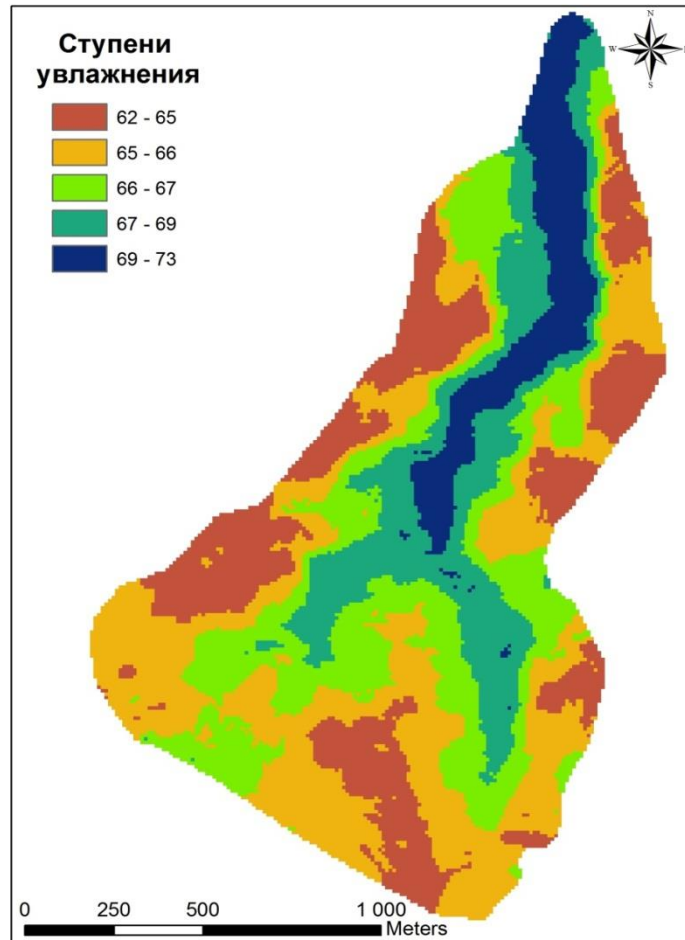
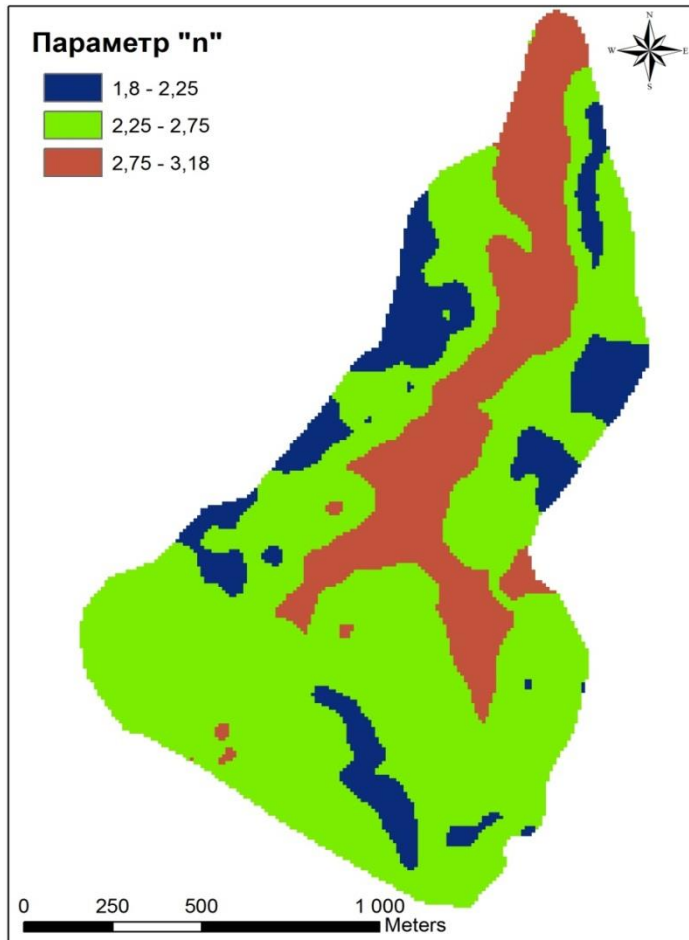


Рисунок 3 - Многолетняя изменчивость структуры растительных сообществ по идеальному профилю заболачивания в зависимости от относительной увлажненности

В крупных плоскодонных западинах наблюдается наиболее стабильный гидрологический режим, способствующий заболачиванию, и поддерживаются однообразные растительные сообщества (ивняк сабельниковый СУ от 87 до 91), переходящие в процессе эволюции болот в рослый рям (СУ от 81 до 86). В то же время в небольших плоских западинах (черёмухово мертвопокровные понижения СУ от 68 до 82) формируется наиболее контрастный режим увлажнения, не позволяющий сформироваться какому-либо определенному типу почвенного растительного покрова. **Наибольшей устойчивостью обладают растительные сообщества обводненных (ивняк сабельниковый СУ от 87 до 91) и заболоченных (рослый рям 81-86) участков, наименее устойчива структура растительных сообществ суходолов (62-82) и черёмуховых мертвопокровных понижений (68-82).**



СУ от 67-73 по полевым исследованиям Н.В. Климовой

Ступени 53-63 - увлажнение **сухих и свежих лугов и лесов**. Почвы луговые (дерновые), подзолистые. В сухие годы травостой здесь также страдает от недостатка влаги.

Ступени 64-76 - **влажнолуговое** увлажнение. Почвы обычно без признаков оглеения или со слабым оглеением. На лугах наблюдается преобладание лучших луговых злаков и клеверов (при условии богатых луговых почв).

Здесь формируются высокоурожайные сенокосные луга, иногда страдающие от недостатка влаги только во второй половине лета. Хорошие результаты дает возделывание полевых культур, но в некоторые годы они страдают от избытка влаги; Сюда относятся также варианты наиболее сухих верховых болот (с сосенкой, вереском и пр.).

Ступени 77-88 - **сыролуговое** увлажнение. Сильно сырые луга и леса, а также относительно сухие торфяники верховых болот. Почвы сильно оглеенные или торфяные. Хорошие луговые травы страдают от избытка влаги.

Ступени 89-93 - **болотно-луговое** увлажнение. Болотистые луга и леса, слабо обводненные болота.

Ступени 94-103 - **болотное** увлажнение. Средне и сильно обводненные болота. Для них характерны сабельник, вахта, осока нитевидная и др.

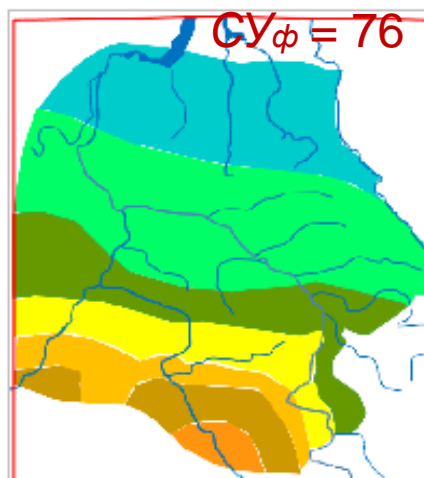
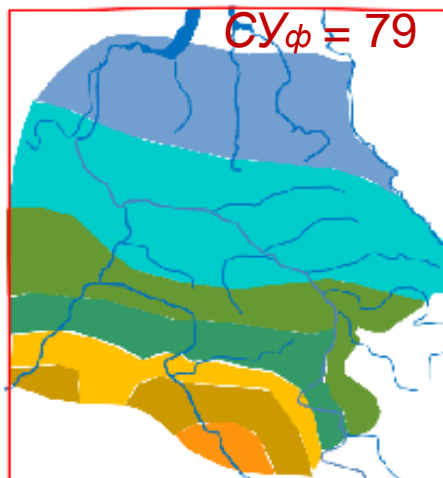
Слабо дренированная территория

Хорошо дренированная территория

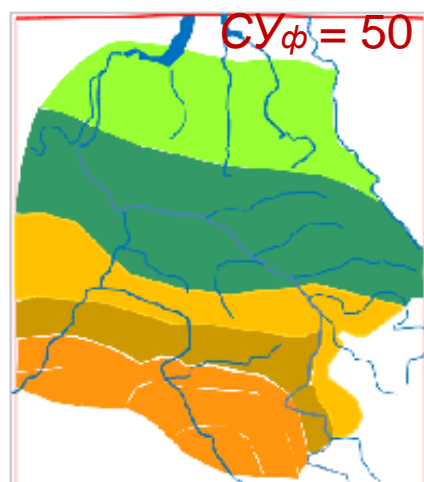
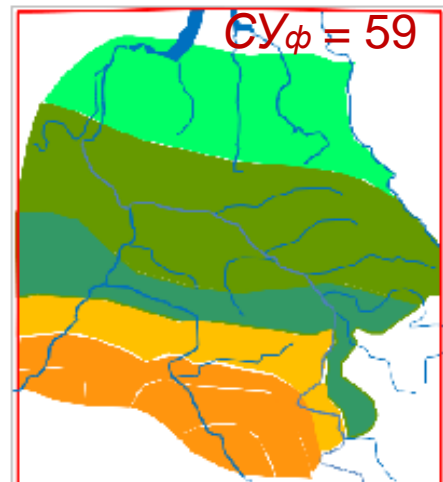
$n=3$

$n=2$

Тяжелые почвы
 $r = 2,5$



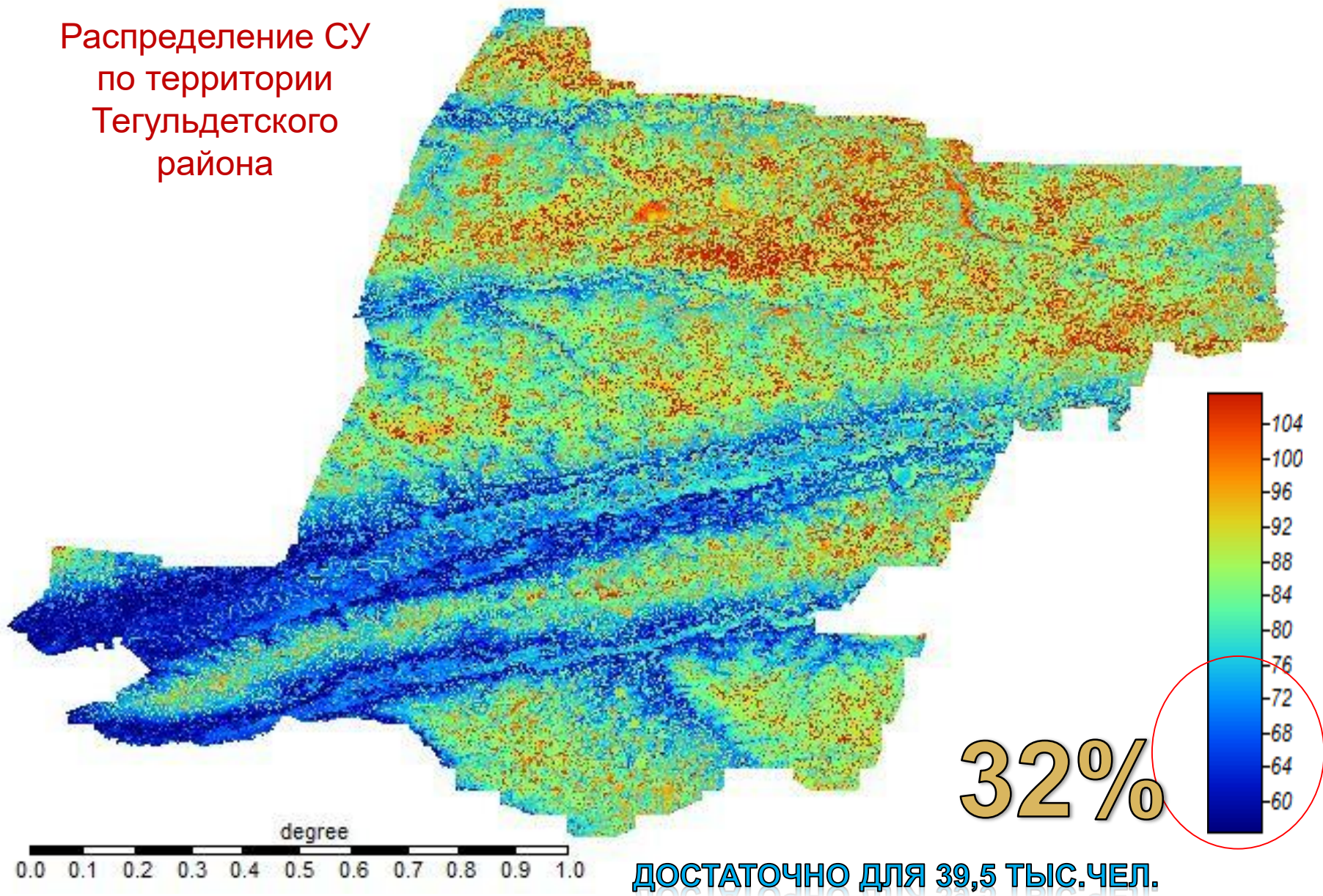
Легкие почвы
 $r = 1,5$



$$CV_{\Phi} = \frac{H \cdot CV_P}{Z_M} = \beta_H \cdot CV_P$$

**Изменчивость растительного
компонента экосистем
Западной Сибири
в зависимости
от природных условий**

Распределение СУ
по территории
Тегульдетского
района



ДОСТАТОЧНО ДЛЯ 39,5 ТЫС.ЧЕЛ.
ПРОЖИВАЕТ 6,5 ТЫС. ЧЕЛ.

Заключение:

На основе метода гидролого-климатических расчётов и выявленной связи гидрологического, почвенного и растительного компонентов ландшафтов юга таежной зоны Западной Сибири разработана научная основа для инженерных расчётов изменения структуры растительных сообществ при изменении природных и климатических условий

Так задавая прогнозные значения температуры и осадков и (или) значениями параметров преобразованных природных условий, можно рассчитать степень увлажнения и определить соответствующий ей тип растительных сообществ которые будут преобладать при изменившихся условиях.

**Валидация результатов моделирования типа
напочвенного покрова
по увлажнению**

**Validation of simulation of ground cover type by
humidification**

Докладчик Копысов Сергей Геннадьевич

Вопросы???

Благодарю за внимание!