

Belopukhov S. L., Vakulenko V. V., Kuznetsova S. A. Role of phenol compounds in plants // Agro chemistry. – 2008. – № 7. – P. 86-97.

15. Zakharenko A. V., Belopukhov S. L., Biryukov A. A., Demidova I. M. Quality of produce when treating seeds and sowing of flax by protective-stimulating complexes // Fertility. – 2009. – № 1. – P. 47-48.

Received on August 18, 2015.

#### Information about the authors

**Tsygutkin Alexander Semenovich**, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of white lupine; FSBEI HE FSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; тел.: 8 (499)976-32-16; e-mail: ASZ@mail.ru.

**Blinnikova Vera Dmitrievna**, candidate of chemical sciences, associate professor of the chair «Inorganic and analytical chem-

istry»; FSBEI HE FSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 8 (499) 976-31-30.

**Kaufman Alla Ljvovna**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Inorganic and analytical chemistry»; FSBEI HE FSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 8 (499) 976-31-30.

**Rekus Irina Grigorievna**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Inorganic and analytical chemistry»; FSBEI HE FSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 8 (499) 976-31-30.

**Belopukhov Sergej Leonidovich**, doctor of agricultural sciences, professor, head of the chair «Physical and organic chemistry»; FSBEI HE FSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 8 (499) 976-32-16; e-mail: belopuhov@timacad.ru.

УДК 502/504:631.432.22

#### В. В. ШАБАНОВ, А. Д. СОЛОШЕНКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

## ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТИПОВ УВЛАЖНЕНИЯ И ТИПОВ ВОДНОГО ПИТАНИЯ ПОЧВ ПО КАТЕНЕ

*Дифференциация типов увлажнения дает возможность более точно характеризовать водный режим почв для целей принятия решений в задачах планирования, проектирования и управления. Одним из основных методов классификации земель по водному режиму в мелиорации является классификация «Типы водного питания», предложенная профессором А. Д. Брудастовым. Дальнейшее уточнение (дифференциация) была сделана почвоведом и агрометеорологами в работе «Агрогидрологические районы увлажнения почв». В последние годы эти классификации дополняются ландшафтным подходом. В статье делается попытка количественно связать эти подходы и показать возможность использования их для целей природообустройства природопользования. Для обоснования предлагаемой дифференциации проводится аппроксимация диапазонов глубин залегания уровней грунтовых вод в различных агрогидрологических районах функцией А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева. Показано, что данная функция адекватно описывает закономерности пространственного распределения увлажнения по катене, с коэффициентом корреляции  $r = 0,95$ . Функция с достаточной точностью описывает связь между агрогидрологическими районами и уровнями грунтовых вод. На основе экспериментальных данных были установлены последовательности размещения агрогидрологических районов и типов водного питания по ландшафтным элементам. Установлено влияние отдельных физических параметров на точность аппроксимации. Уравнение, используемое для аппроксимации, обладает достаточно высокой величиной достоверности. Предложенная методика может быть использована для решения задач, связанных с дифференциацией водного режима для целей биоклиматического районирования.*

*Дифференциация типов водного питания, обоснование необходимости мелиорации, агрогидрологические районы и их характеристики, продуктивные влагопасы, ландшафтная катена, закономерность изменения влагозапасов по катене.*

**Введение.** Дифференциация типов увлажнения почв дает возможность более точно характеризовать их водный режим и использовать это для целей принятия решений в задачах планирования, проектирования и управления. Одним из основных методов классификации земель по водному режиму в мелиорации является классификация, предложенная проф. А. Д. Брудасовым (Типы водного питания [Голованов и др., 2011]). Дальнейшее уточнение (дифференциация) была сделана почвоведом и агрометеорологом (Агрогидрологические районы увлажнения почв. [Кельчевская, 1983]). В последние годы эти классификации дополняются ландшафтным подходом. [Голованов, Сухарев, Шабанов, 2007; Сухарев, 2010; Шабанов, Бунина, 2005]

Количественно связать эти подходы и показать возможность использования их для целей природообустройства природопользования в настоящее время является актуальной задачей.

Водный режим почв может быть дифференцирован в зависимости от целей, которые преследует данная классификация. По катене его можно дифференцировать по запасам продуктивной влаги в почве или по глубинам залегания грунтовых вод.

Для целей обоснования необходимости сельскохозяйственных мелиораций и определения продуктивности различных фаций может быть использована классификация, основанная на агрогидрологическом районировании.

Предполагается, что агрогидрологические районы расположены по катене в следующем порядке: 1. ОБВ, 2. МКУ, 3. ПКУ, 4. ВИУ, 5. КППВ, 6. ПВП, 7. УВП, 8. СВП, 9. ОСВП\*.

\* 1. ОБВ (Тип – Обводнение), 2. МКУ (Тип – Максимального капиллярного увлажнения), 3. ПКУ (Тип – Периодического капиллярного увлажнения), 4. ВИУ (Тип – Временно-избыточного увлажнения), 5. КППВ (Тип увлажнения капиллярно-подвешенной и капиллярно-подперто-подвешенной влагой), 6. ПВП (Тип полного весеннего промачивания), 7. УВП (Тип умеренного весеннего промачивания), 8. СВП (Тип слабого весеннего промачивания), 9. ОСВП (Тип очень слабого весеннего промачивания). Более подробные характеристики агрогидрологических районов можно найти в [Справочник, 1986].)

Для обоснование такого расположения, по данным, приведенным в монографии [Кельчевская, 1983] построены гистограммы диапазонов значений глубин залегания уровней грунтовых вод и запасов продуктивной влаги (рис. 1).

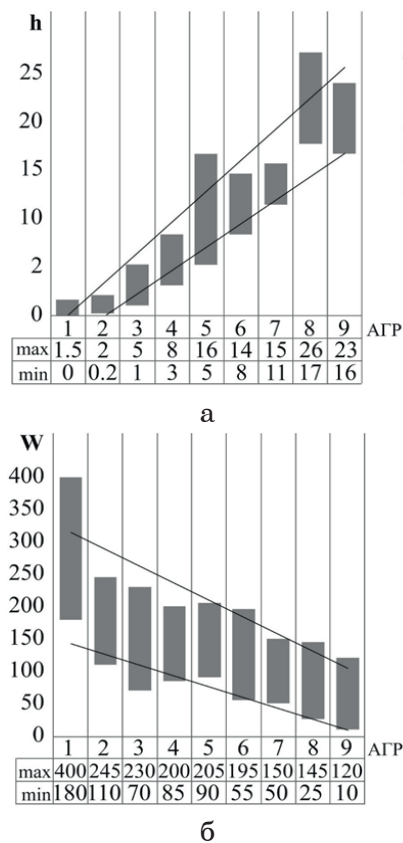


Рис. 1. Гистограммы диапазонов глубин залегания уровней грунтовых вод (а) и запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы (б) по агрогидрологическим районам: 1 – ОБВ; 2 – МКУ; 3 – ПКУ; 4 – ВИУ; 5 – КППВ; 6 – ПВП; 7 – УВП; 8 – СВП; 9 – ОСВП

Можно отметить, что на данных графиках прослеживаются следующие две закономерности. Первая, при возрастании глубины грунтовых вод увлажненность агрогидрологических районов (АГР) убывает, что естественно. Вторая, последовательность расположения АГР по катене сохраняется и агрогидрологические районы последовательно упорядочены.

Исходя из остальных характеристик, нельзя с уверенностью утверждать, что все они (агрогидрологические районы) могут существовать в пределах одной катены, но можно утверждать, что в случае присутствия нескольких из них,

упорядочены они будут в данном порядке: 1 – ОБВ; 2 – МКУ; 3 – ПКУ; 4 – ВИУ; 5 – КППВ; 6 – ПВП; 7 – УВП; 8 – СВП; 9 – ОСВП.

После упорядочения типов увлажнения можно сопоставить их с типами водного питания. Так с грунтовым типом водного питания сопрягаются два типа увлажнения ОБВ и МКУ. В ландшафтном плане это аккумулятивные и транс-аккумулятивные элементы ландшафтов (супераквальные фации).

Со склоновым типом водного питания (при малопроницаемых грунтах склона), сочетаются такие АГР как, ВИУ; КППВ; ПВП; УВП. В ландшафтном плане это трансэлювиальные фации.

С атмосферным типом водного питания сочетаются АГР - СВП и ОСВП. Это элювиальные фации.

Однако, границы эти природных и достаточно сложных, образований размыты. Проведение более четких границ можно сделать аппроксимируя экспериментальные значения определенной аналитической кривой и исследуя ее особые точки, которые и могут быть границами природных образований.

Аппроксимация катены была предложена А. И. Головановым и Ю. И. Сухаревым [Голованов, 2007].

Для упрощения полученные значения можно аппроксимировать функцией Ю. И. Сухарева [Сухарев, 2011]:

$$\Delta_x = \frac{\Delta_0}{\pi} \arctg(k(x - a)) \frac{\pi}{2},$$

$$0 < x < B,$$

где  $\Delta_x$  – вертикальная расчлененность рельефа;  $k$  – коэффициент, равный  $k = \pi/\Delta_0(\operatorname{tg}\theta)$ ;  $\theta$  – угол наклона касательной в точке перегиба;  $a$  – значение абсциссы в точке перегиба;  $B$  – ширина катены.

Аппроксимация глубин залегания уровней грунтовых вод этой кривой, показана на рисунке 2. Стоит отметить, что аппроксимируются средние значения диапазонов, и коэффициент корреляции высчитывается относительно этих значений.

Уравнение имеет вид:

$$\Delta_x = \frac{21}{\pi} \arctg(0,0078(x - 520)) \frac{\pi}{2}.$$

Коэффициент корреляции  $R = 0,95$ .

Если предположить, что на территории данной катены уклон

зеркала грунтовых вод по направлению к водотоку равен или близок к нулю, полученная в ходе аппроксимации кривая есть не что иное, как рельеф катены.

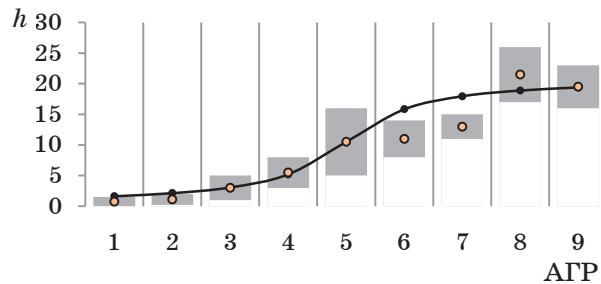


Рис. 2. Аппроксимирующая кривая для средних значений диапазонов глубин залегания уровней грунтовых вод по Ю. И. Сухареву

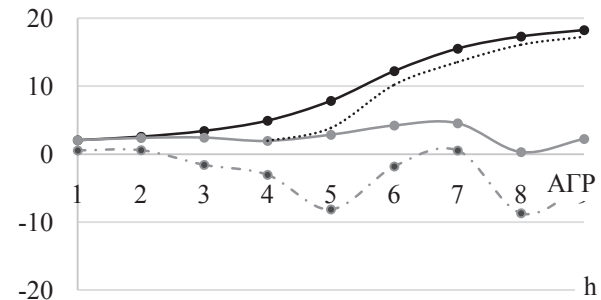


Рис. 3. Схема катены: —●— отметки поверхности земли; —■— minУГВ; - -●- - max УГВ; ..... глубина весеннего промачивания [4]

Для оценки достоверности аппроксимирующей кривой был проведен анализ по  $F$ -критерию Фишера для внутренне нелинейных регрессий.

Индекс корреляции  $R$ :

$$R = \sqrt{1 - \frac{\delta_{\text{ост}}^2}{\delta_y^2}} = 0,937;$$

$$\delta_y^2 = \frac{\Sigma(y - \bar{y})^2}{n} = 51,65;$$

$$\delta_{\text{ост}}^2 = \frac{\Sigma(y - \bar{y}_x)^2}{n} = 6,26;$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma y}{n} = 9,54.$$

Индекс детерминации  $R^2 = 0,878$ .

$F$ -критерий:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \frac{n - m - 1}{m} = 12,07.$$

№ АГР	$y$	$\bar{y}_x$	$y - \bar{y}_x$	$(y - \bar{y}_x)^2$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$\frac{y - \bar{y}_x}{y}$
1	0,75	1,61	-0,86	0,74	-8,79	77,24	-1,14
2	1,10	2,11	-1,01	1,03	-8,44	71,21	-0,92
3	3,00	3,05	-0,05	0,002	-6,54	42,76	-0,02
4	5,50	5,19	0,31	0,10	-4,04	16,31	0,06
5	10,50	10,50	0,00	0,00	0,96	0,92	0,00
6	11,00	15,81	-4,81	23,17	1,46	2,13	-0,44
7	13,00	17,95	-4,95	24,52	3,46	11,98	-0,38
8	21,50	18,89	2,61	6,83	11,96	143,07	0,12
9	19,50	19,39	0,11	0,01	9,96	99,22	0,01

Для уровня значимости  $p = 0,05$  критерий  $F_{крит} = 5,59$ .  $F_{эмп} > F_{крит}$  следовательно регрессионная модель адекватно (с 95 % вероятностью) описывает рельеф катены.

#### Выводы

На основе экспериментальных данных были установлены последовательности размещения агрогидрологических районов, типов водного питания по ландшафтными элементами. Это позволило объединить различные классификации увлажнения почв и дало возможность более детально разделить земли водосбора для целей районирования мероприятий и планирования управляющих воздействий.

Функция арктангенса адекватно описывает закономерности пространственного распределения катены. Она с достаточной точностью описывает связь между агрогидрологическими районами и уровнями грунтовых вод.

Установлено влияние отдельных физических параметров на точность аппроксимации.

Уравнение, используемое для аппроксимации, обладает достаточно высокой величиной достоверности.

Диапазоны запасов продуктивной влаги, распределенные по катене, также хорошо аппроксимируются рассмотренной функцией, с коэффициентами корреляции  $R \approx 0,95$ .

Рассматриваемый подход позволяет идентифицировать параметры для любой конкретной катены (если они отличаются от средних по району), подставив в уравнение конкретную протяженность и высоту катены.

Предложенная методика может быть использована для решения задач, связанных с дифференциацией водного режима для целей биоклиматического районирования.

#### Библиографический список

1. Мелиорация земель / А. И. Голованов [и др.]. – М.: КолосС, 2011. – 825 с.
2. Голованов А. И., Сухарев Ю. И., Шабанов В. В. Оценка воздействия осушения на окружающую среду (ОВОС): учеб. пособие для курсового и дипломного проектирования. – М.: МГУП, 2007. – 49 с.
3. Кельчевская Л. С. Влажность почв Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 183 с.
4. Средние многолетние запасы продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами по областям, краям, республикам и экономическим районам: Европейская часть СССР: справочник. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – Т. 1. – 122 с.
5. Сухарев Ю. И. Обоснование водных мелиораций агроландшафтов (на примере Московской области): автореф. ... д-ра техн. наук: 06.01.02. – М.: МГУП. – 2010.
6. Шабанов В. В. Биоклиматическое обоснование гидротермических мелиораций. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 198 с.
7. Шабанов В. В., Бунина Н. П. Элементы проектирования искусственных биогеохимических барьеров на водосборах нечерноземной зоны России // Природообустройство и рациональное природопользование - необходимые условия социально-экономического развития России: сб. трудов МГУП. – М.: МГУП, 2005. – С. 298–314.
8. Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: «Инфра-М», 2004.

Материал поступил в редакцию 15.10.2015.

#### Сведения об авторах

**Шабанов Виталий Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»; ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва,



ул. Большая Академическая, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com.

**Солошенко Александр Дмитриевич**, магистрант; ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА

имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: +7-916-429-91-13; e-mail: aleksandr\_soloshenkov@mail.ru.

**V. V. SHABANOV, A. D. SOLOSHENKOV**  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

## DIFFERENTIATION OF MOISTENING TYPES AND TYPES OF SOILS WATER FEEDING ON THE CATANE

*Differentiation of moistening types allows more accurately characterize the soil water regime for the purposes of decision-making problems of planning, design and management. One of the main methods of lands classification on the water regime in land reclamation is classification proposed by professor A. D. Brudastov «Types of water supply». Further specification (differentiation) was made by soil scientists and agro meteorologists in the work «Agro hydrological areas of soil moistening». In recent years these classifications have been added by a landscape approach. The article attempts to quantitatively link these approaches and show the possibility to use them for the purposes of environmental engineering of nature management. For substantiation of the proposed differentiation there is performed an approximation of depths ranges of the ground water level in various regions according to the agro hydrological function of Golovanov A. I. and Sukharev Y. I. It is shown that the function adequately describes regularities of spatial moistening distribution on the catena, with a correlation coefficient  $R = 0,95$ . The function with a sufficient accuracy describes the relationship between agrohydrological areas and groundwater levels. On the basis of the experimental data there were established sequences of placement of agro hydrological areas and types of water feeding on landscape elements. The influence of some physical parameters on the accuracy of approximation is established. The equation used for approximation, has a fairly high value of reliability. The proposed method can be used to solve problems connected with differentiation of water regime for bioclimatic zoning.*

*Differentiation of water feeding types, substantiation of the necessity of land reclamation, agro hydrological areas and their characteristics, productive moisture reserves, landscape catena, regularity of moisture reserve change on the catena.*

### References

1. Land reclamation / A. I. Golovanov [and others]. – M.: KolosS, 2011. – 825 p.
2. Golovanov A. I., Sukharev Yu. I., Shabanov V. V. Assessment of the drainage influence of the environment (ADIE): tutorial for the course and diploma designing. – M.: MSUEE, 2007. – 49 p.
3. Keljchevskaya L. S. Soils moisture of the USSR European part. – L.: Hydrometeoizdat, 1983. – 183 p.
4. Average long-term stocks of productive moisture under winter and early spring grain crops per areas, territories, republics and economic regions: The USSR European part: reference book. – Leningrad: Hydrometeoizdat, 1986. – V. 1. – 122 p.
5. Sukharev Yu. I. Substantiation of water reclamations of agro landscapes (by the example of the Moscow region): author's abstract of the doctor of technical sciences: 06.01.02. – M.: MSUEE. – 2010.
6. Shabanov V. V. Bioclimatic substantiation of hydrothermal land reclamations. – L.: Hydrometeoizdat, 1972. – 198 p.
7. Shabanov V. V., Bunina N. P. Design elements of artificial biogeochemical barriers on water catchments of the non-black earth zone of Russia // Environmental engineering and rational nature management – necessary conditions of the social – economic development of Russia: collection of MSUEE works. – M.: MSUEE, 2005. – P. 298–314.
8. Pugachev V. S. Theory of probabilities and mathematical statistics. – M.: «Infra-M», 2004.

Received on October 15, 2015.

### Information about the authors

**Shabanov Vitaliy Vladimirovich**, doctor of technical sciences, professor of the chair «Land reclamation and recultivation»; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com.

**Soloshenkov Alexander Dmitrievich**, undergraduate; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: ,+7-916-429-91-13; e-mail: aleksandr\_soloshenkov@mail.ru.