

УДК 502/504:631.61

**В.В. ШАБАНОВ, В.Н. МАРКИН**

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

### **РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПО НЕОБХОДИМОСТИ КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

*Рассмотрены вопросы районирования территорий сельскохозяйственного назначения по степени необходимости видов мелиоративного регулирования факторов жизни растений. Внимание уделено водному, тепловому и питательному режимам почв. Водный фактор рассматривается как основной по технической возможности оперативного регулирования с помощью осушительных и оросительных систем; тепловой фактор – как ограничивающий возможность выращивания растений, так как в пределах поля практически не поддается регулированию (фактор, ограничивающий развитие конкретного направления растениеводства). Пищевой режим почв регулируется посредством внесения удобрений в сухом виде или с поливной водой. Предлагаемый подход позволяет оценить необходимость конкретного вида мелиорации или их комплекса. В основу метода положено сопоставление требований растений к факторам внешней среды с их пространственно-временными характеристиками. Приведен пример районирования водных, тепловых и пищевых мелиораций в тундровой и таежной зонах России. Выбор географических зон, в которые были включены «неземледельческие» районы (тундра и отчасти северо-таежная), сделан для того, чтобы показать, как могут «передвинуться» показатели необходимости мелиорации при изменении климата. Использование влагозапасов в качестве параметров, отражающих условия внешней среды на таких элементах ландшафта, как местности, урочища и фации, позволяет проводить обоснование мелиорации на мезо- и микроклиматическом уровнях.*

*Комплексные мелиорации, обоснование мелиоративного воздействия, районирование территории, требования растений, факторы внешней среды растений, водный режим почв, температурный режим, пищевой режим почв.*

**Введение.** Развитие мелиорации в нашей стране за последние годы существенно изменилось. Этап «широкого развития мелиорации», провозглашенный 50 лет назад, по тем или иным причинам завершился. Наступил этап дифференцированного подхода к развитию мелиорации. Это усугубилось еще и тем, что сменилась форма собственности на землю. Для частного собственника, по крайней мере на начальной стадии накопления капитала, большие мелиорируемые участки с однообразным регулирующим воздействием неактуальны, так как не дают возможность максимизировать прибыль без потери качества земель.

Наступила пора дифференцированного управления основными факторами внешней среды на мелиорируемых землях.

Следует отметить, что такие работы были начаты Минводхозом СССР много лет назад. Первая Государственная программа ГКНТ появилась и успешно выполнялась еще в 70-е гг. прошлого века.

В основе дифференцированного управления всегда лежали количественные методы обоснования необходимости и эффективности мелиорации [1]. Одним из эффективных методов визуализации результатов математического моделирования процессов обоснования необходимости мелиорации является районирование. В зависимости от поставленных задач и этапа разработки программы комплексного мелиоративного регулирования можно различать макро-, мезо- и микрозональное районирование.

Макрозональное районирование, методика которого приведена в статье, позволяет повысить эффективность мелиорации путем районирования территорий по требующимся видам мелиорации для выращивания конкретных культур.

Мелиорация земель включает в себя множество видов: водные, тепловые, пищевые, солевые и др., причем одни можно отнести к мероприятиям, подготавливающим земли для выращивания растений (например, культуртехнические мероприятия, лесотехнические), а другие – к создающим благоприятные условия для формирования высоких гарантированных урожаев (например, водные, пищевые и тепловые).

Территория России расположена в разных природных зонах, существенно отличающихся водно-термическими условиями, продуктивностью земель и другими факторами. Поэтому территория может быть разделена на природно-мелиоративные зоны и подзоны, в пределах которых ведение сельскохозяйственного производства становится более эффективным при выполнении того или иного вида или сочетания видов мелиораций. Например, для зоны тундры и лесотундры мелиоративный комплекс включает в себя тепловые мелиорации; выборочное осушение пойм, агротехнические мероприятия (внесение значительных доз удобрений).

В условиях таежной зоны требуются осушительные, культуртехнические, почвенно-агротехнические (известкование почв, внесение минеральных и органических удобрений) и фитомелиоративные мероприятия.

Для зоны смешанных лесов основными видами мелиорациями являются осушение (ускорение отвода поверхностных вод и понижение уровня грунтовых вод), тепловые (борьба с заморозками и высокими температурами), культуртехнические и химические (известкование, управление пищевым режимом почв) агро- и лесомелиорации.

**Метод исследований.** Мелиоративное районирование территории проводится с учетом факторов внешней среды выращивания растений, основными из которых являются:

– водный (так как он, с одной стороны, отвечает за формирование водно-воздушного режима почв и тем самым определяет условия роста растений; с другой стороны, имеются средства оперативного

управления данным фактором посредством осушительных и оросительных систем), характеризующийся почвенными влагозапасами;

– температурный (определяющий рост и развитие растений), характеризующийся температурами почвы и приземного слоя воздуха;

– пищевой, характеризующийся содержанием в почве доступных растениям форм питательных веществ.

Примечательно, что распределение вероятности показателей гидротермического режима (например, почвенные влагозапасы, температуры почвы) хорошо описывается нормальным законом распределения.

Методика обоснования комплексных мелиораций должна отвечать следующим требованиям:

- учет природно-климатических особенностей зоны;
- учет биологических особенностей сельскохозяйственных культур.

Этим требованиям отвечает «Биоклиматический метод обоснования мелиорации» [2]. В основу метода положено сопоставление требований растений к факторам внешней среды с их пространственно-временными характеристиками. Последние полностью учитываются функциями распределения. Это позволяет определить вероятность оптимальных условий ( $P_{\text{opt}}$ ), а также вероятности необходимости проведения мероприятий, направленных на повышение значения фактора ( $P\uparrow$ ) или его понижение ( $P\downarrow$ ).

### Требования растений к факторам внешней среды

Под требованиями растений к факторам внешней среды понимается количественное выражение зависимости их продуктивности от значений рассматриваемого фактора (Шабанов, 1982):

$$S_{\varphi} = \left( \frac{\varphi}{\varphi_{\text{opt}}} \right)^{\gamma \cdot \varphi_{\text{opt}}} \times \left( \frac{1-\varphi}{1-\varphi_{\text{opt}}} \right)^{\gamma \cdot (1-\varphi_{\text{opt}})}, \quad (1)$$

где  $S_{\varphi}$  – относительная урожайность (продуктивность) сельскохозяйственных растений, представляющая собой отношение фактической урожайности к максимально возможной в конкретных условиях;  $\varphi$  – относительное значение фактора;  $\varphi_{\text{opt}}$  – оптимальное относительное значение фактора;  $\gamma$  – коэффициент, характеризующий степень саморегулирования растений в различные декады.

Требования растений используются для определения нижнего ( $\varphi_1$ ) и верхнего ( $\varphi_2$ ) оптимального предела изменения рассматриваемого фактора, соответствующих заданному (планируемому) уровню продуктивности (рис. 1):  $S_{\text{план}} = 0,8$ .

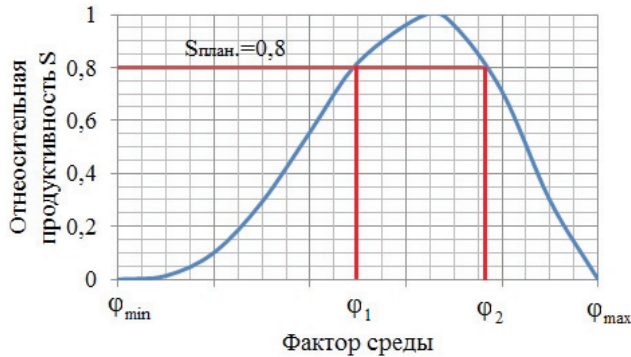


Рис. 1. Вид кривой требований растений к фактору среды

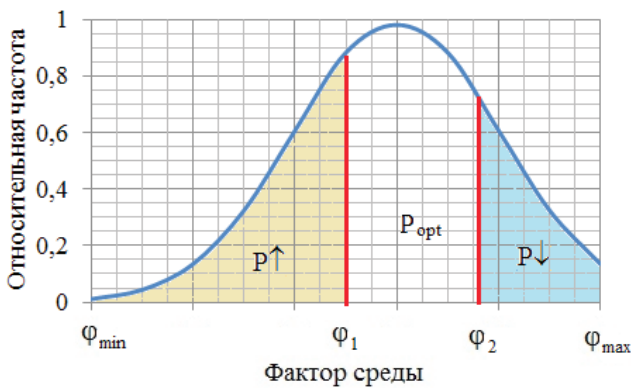


Рис. 2. Плотность распределения фактора среды

### Характеристика условий среды.

Пространственно-временная характеристика внешней среды произрастания растений по рассматриваемому фактору описывается его функцией распределения ( $\rho_\varphi$ ). В случае нормального закона распределения функция определяется средним значением фактора ( $\varphi_{\text{ср}}$ ) и его среднеквадратическим отклонением ( $\sigma$ ):

$$f(\varphi) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\varphi - \bar{\varphi})^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Нижнее и верхнее значения оптимального предела изменения фактора позволяют выделить под кривой распределения области, соответствующие вероятности: необходимости повышения значения фактора  $P^\uparrow$  (например, в случае водных мелиораций это вероятность необходимости орошения), оптимальных условий  $P_{\text{opt}}$  и не-

обходимости понижения значения фактора  $P^\downarrow$  (например, вероятность необходимости осушения).

Значения вероятностей рассчитываются по формулам (для нормального закона распределения фактора):

$$P_{\downarrow\varphi} = 1 - \Phi^* \left( \frac{\varphi_1 - \bar{\varphi}}{\sigma_\varphi} \right)$$

$$P_{\uparrow\varphi} = \Phi^* \left( \frac{\varphi_2 - \bar{\varphi}}{\sigma_\varphi} \right) \quad (3)$$

$$P_{\text{opt}} = \Phi^* \left( \frac{\varphi_2 - \bar{\varphi}}{\sigma_\varphi} \right) - \Phi^* \left( \frac{\varphi_1 - \bar{\varphi}}{\sigma_\varphi} \right),$$

где  $\Phi^*(z)$  – интегральная функция распределения Лапласа:

В случае обоснования необходимости различных видов мелиоративного регулирования условий среды обоснование проводится для каждого вида отдельно.

Используя данный подход, для различных природных зон провели расчеты необходимости мелиоративного воздействия по регулированию: почвенных влагозапасов; температуры; содержания доступных растениям форм калия и фосфора в почве (табл. 1).

**Результаты исследований.** По результатам расчетов можно сделать следующее заключение.

1. Для рассматриваемых зон вероятность орошения невелика (до 15%, что соответствует средней степени необходимости). Снижение урожайности при отсутствии орошения не превышает 10%.

2. Отмечается достаточно высокая потребность в осушении (следует отметить, что в расчетах учитывались водно-физические характеристики зональных почв, поэтому речь идет о вероятности необходимости осушения временно избыточно переувлажненных минеральных почв). Влияние на урожайность соответствует 30...50%.

3. В отношении тепловых мелиораций получены высокие вероятности необходимости повышения температур, что связано с их достаточно низкими значениями. Влияние на снижение урожайности достигает 40...77%, что объясняет лимитирующее значение температурного фактора (табл. 2).

## Вероятности необходимости водных и тепловых мелиораций

Зона	Культура	Вероятности, %							
		водные мелиорации				тепловые мелиорации			
		P <sub>opt</sub>	P↑	P↓	P <sub>м</sub>	P <sub>opt</sub>	P↑	P↓	P <sub>м</sub>
Тундра	1	12	7	81	88	6	94	0	94
	2	19	10	71	81	15	85	0	85
	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Северо-таежная	1	12	4	84	88	8	92	0	92
	2	16	17	67	84	23	77	0	77
	3	13	1	86	87	-	-	-	-
Средне-таежная	1	14	13	73	86	6	92	2	94
	2	18	15	67	82	17	83	0	83
	3	16	13	71	84	-	-	-	-
Южно-таежная	1	18	9	73	82	13	86	1	87
	2	28	5	67	72	34	66	0	66
	3	33	17	50	67	-	-	-	-

Примечание. 1 – озимые зерновые; 2 – яровые зерновые; 3 – картофель.

Таблица 2

Снижение урожайности культур ( $\Delta S$ ) в зависимости от водного и теплового факторов\*

Зона	Культура	Фактор		
		водный		температурный
		$\Delta S_{w\uparrow}$	$\Delta S_{w\downarrow}$	
Тундра	1	0,04	0,57	0,75
	2	0,06	0,50	0,68
Северо-таежная	1	0,02	0,59	0,74
	2	0,10	0,47	0,62
Средне-таежная	1	0,08	0,51	0,75
	2	0,09	0,47	0,66
Южно-таежная	1	0,05	0,51	0,70
	2	0,03	0,47	0,53

\*Лимитирование определяется фактором с большим значением  $\Delta S$ .

Потребность в пищевых мелиорациях определена иначе, чем для водных и тепло-

вых. Связано это с большим разнообразием почв, обладающих разным плодородием и механическим составом. Поэтому расчеты проведены для разной степени обеспеченности доступными формами  $P_2O_5$  и  $K_2O$  [3].

В зависимости от разной обеспеченности почв фосфором и калием вероятности необходимости повышения их содержания изменяются примерно в 10 раз. Необходимость пищевых мелиораций достаточно высока, так как природное плодородие почв в рассмотренных зонах является низким (табл. 3, 4).

Оценка эффективности пищевых мелиораций проведена на основе (табл. 5, 6) определения прибавки урожайности от регулирования содержания фосфора и калия в почвах. Продуктивность растений оценивалась по закону Либиха:

$$S_{wTG} = \min \{S_w, S_T, S_G\} \quad (4)$$

Таблица 3

Вероятности необходимости регулирования содержания  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в подзолистых почвах и сероземах Нечерноземной зоны в зависимости от их обеспеченности питательными веществами, %

Обеспеченность питательными веществами	$P_2O_5$		$K_2O$	
	P <sub>opt</sub>	P <sub>м</sub>	P <sub>opt</sub>	P <sub>м</sub>
Очень низкая	0	100	0	100
Низкая	0	100	0	100
Средняя	18	82	14	86
Повышенная	46	54	54	46
Высокая	79	21	79	21
Очень высокая	90	10	85	15

Таблица 4  
Вероятности необходимости  
пищевых мелиораций почв  
Нечерноземной зоны, %

Зона	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	P <sub>opt</sub>	P <sub>m</sub>	P <sub>opt</sub>	P <sub>m</sub>
Тундра	0	100	0	100
Северо-таежная	0	100	0	100
Средне-таежная	18	82	16	84
Южно-таежная	46	54	50	50

Таблица 5  
Относительные продуктивности  
зерновых культур в таежной зоне  
без учета мелиоративного воздействия

Таежные подзоны	Озимые зерновые			Яровые
	S <sub>w</sub>	Sp <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SK <sub>2</sub> O	S <sub>w</sub>
Северная	0,26	0,25	0,15	0,40
Средняя	0,38	0,30	0,18	0,50
Южная	0,87	0,45	0,25	0,92

Продуктивность растений с учетом мелиоративного регулирования принималась на уровне S<sub>план.</sub> = 0,8. Эффективность мелиоративного регулирования определялась по формуле:

$$\Delta S = S_{\text{план}} - S_{\text{wTG}} \quad (5)$$

Таблица 6  
Эффективность  
мелиоративного регулирования  
факторов жизни растений

Таежные зоны	Зерновые	Картофель
Северная	0,78	0,65
Средняя	0,80	0,70
Южная	0,63	0,55

### Выводы

1. Несмотря на всю относительность приведенных расчетов, показано, что данная методология работает и может исполь-

зоваться для обоснования мелиорации в макроклиматических зонах.

2. Широкий подбор географических зон, в которые были включены «неземледельческие» зоны (тундра и отчасти северо-таежная), был сделан для того, чтобы показать, как могут «передвинуться» показатели необходимости мелиорации при изменении климата.

3. В случае использования влагопасов в качестве параметров, отражающих условия внешней среды на более детальных элементах ландшафта (местности, урочища, фации), обоснование мелиорации можно проводить на мезо- и микроклиматическом уровнях.

### Библиографический список

1. Шабанов В.В. Биоклиматическое обоснование мелиораций: Монография. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 165 с.
2. Шабанов В.В. Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет: Монография. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 140 с.
3. Степенев И.Н., Лучицкая О.А. Модель плодородия почв СССР // Доклады ВАСХ-НИИ. 1985. № 8. С. 10-12.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

### 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, д. 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com.

**Маркин Вячеслав Николаевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Комплексное использование водных ресурсов и гидравлики»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19; e-mail: mvnarkin@mail.ru.

V.V. SHABANOV, V.N. MARKIN

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

## RANGING OF TERRITORIES FOR JUSTIFICATION OF COMPLEX MELIORATIVE REGULATION

*There are considered problems of agricultural territories ranging according to the requirement of different types of lands reclamation of plants life factors. What a type of reclamation or their complex is required for specific natural zone. The attention is paid to water, thermal and nutritious factors of soils. The water factor is considered as the main on the technical capability to regulate by means of drainage and irrigation systems. The thermal*

factor – as a factor limiting the possibility to cultivate agricultural plants because within a field this factor practically cannot be regulated (the factor limiting the development of a particular direction of plant growing). The nutritious factor of soils can be regulated by means of fertilizing in a dry form or with irrigation water. The offered method allows estimating the necessity of a concrete type of melioration or their complex. The basis of the method is a comparison of plants requirements to environmental factors with their spatial-temporal characteristics. The example of division into districts of water, thermal and nutritious reclamations in tundra and taiga zones of Russia is given. The choice of geographical zones comprising «non-agricultural» areas (tundra and a part of northern taiga) was made in order to show how indicators of the necessary reclamation can «shift» under climatic changes. Usage of water supplies as parameters reflecting the environmental conditions on such elements of landscape as territories, holes and facies allows conducting substantiation on meso- and microclimatic levels.

*Complex meliorations, justification of melioration influence, division into districts of the territory, requirements of plants, factors of plants environment, water factor of soils, temperature condition, nutrient factor of soils.*

### References

1. Shabanov V.V. Bioclimaticheskoe obosnovanie melioratsij: monograph. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 165 s.
2. Shabanov V.V. Vлагообеспеченность яровых пшениц и ее расчет: Monograph. L.: Gidrometeoizdat, 1982. 140 s.
3. Stepanov I.N., Luchitskaya O.A. Model plodorodiya pochv SSSR // Doklady VASH-NIL. 1985. № 8. S. 10-12.

The material was received at the editorial office  
30.05.2016

### Information about the authors

**Shabanov Vitalij Vladimirovich**, doctor of technical sciences, professor of the chair «Lands reclamation and recultivation»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Bolshaya Akademicheskaya, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com.

**Markin Vyacheslav Nikolaevich**, candidate of technical sciences, professor of the chair «Complex use of water resources and hydraulics»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d. 19; e-mail: mvnarkin@mail.ru.

УДК 502/504:631.423.2 (470.311)

### А.А. ПОДДУБСКИЙ, А.В. ШУРАВИЛИН

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Российская Федерация

### Н.В. СУРИКОВА

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

## ВЛИЯНИЕ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Приведены результаты исследований по оценке природной тепло-влажностности, дефицитов водопотребления и их связи с урожайностью основных сельскохозяйственных культур (зерновые, картофель и овощные культуры). Выполнен расчет показателей тепловлажностности по метеостанциям «Можайск», «ВДНХ», «Коломна», расположенных соответственно в западной, центральной и юго-восточной частях Московской области, с использованием методик Н.Н. Иванова, Г.Т. Селянинова, М.И. Будыко, Д.И. Шашко. Обеспеченность показателей природного увлажнения определялась за период с 1966 по 2012 гг. Оценка увлажнения проведена для островлажных, влажных, средневлажных, средних, среднесухих и острозасушливых лет. Годовой дефицит природного увлажнения наступает, соответственно, при обеспеченности 85%; 80% и 70%, а за теплый и вегетационный периоды – 55%; 40% и 30%. Получена максимальная урожайность зерновых культур при коэффициенте