

УДК 631.432:556.322.6

З. К. Иофин (ФГБОУ ВПО «ВоГТУ»)

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ И ЗАПАСОВ ВОДЫ В ПОЧВЕ НА БОЛЬШИХ ТЕРРИТОРИЯХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИМЕНИМОСТИ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Целью работы является аналитическая оценка степени увлажнения почв больших территорий, не предполагающая выполнения изыскательских работ. Для оценки влажности почв предлагается использовать линейно-корреляционную модель в части определения слоя впитывания в почву. Слой впитывания и пористость почв позволяют оценить влажность почв и запасы воды в почве. По данным наблюдений и измерений на воднобалансовых станциях Нижнедевицкой, Подмосковной и Валдайском филиале Государственного гидрологического института значения влажности почв и запасов воды в почве сделан вывод о применимости предлагаемой методики. Эти данные использованы для каждого года с последующим их осреднением. В работе приводится количественная оценка слоя капиллярной каймы.

Ключевые слова: влажность почвы, запасы воды в почве, мелиоративные мероприятия, пористость почв, линейно-корреляционная модель, водного баланса, капиллярная кайма.

Z. K. Iofin (FSBEE NPE "VSTU")

ANALYTICAL ESTIMATION OF SOIL MOISTURE AND WATER STORAGE IN LARGE AREAS FOR APPLICABILITY OF MELIORATION MEASURES

The objective of the work is analytical estimation of the degree of soil moistening in large areas without survey work. To estimate soil moisture, linear correlation model in terms of determining the layer of absorption into the soil is offered to use. The layer of absorption into the soil and soil porosity enables to estimate soil moisture and water storage in soil. According to observation data of soil moisture and water storage in soil from water-balance stations Nizhnedevitskaya, Podmoskovnaya and the Valday Branch of the State Institute of Hydrology, the conclusion of applicability of the proposed method was made. These data were used for each year with subsequent averaging. The quantitative evaluation of the layer of capillary fringe is given in the work.

Keywords: soil moisture, water storage in soil, melioration measures, soil porosity, linear-correlation pattern, water balance, capillary fringe.

Территориальный анализ пригодности почв для сельскохозяйственного использования часто связан с оценкой влажности почв и возможностью ее определения для больших территорий. Безусловно, то, что для оценки влажности почвы для больших территорий немаловажным является положение уровня грунтовых вод. Однако влажность почв и положение

уровня грунтовых вод дополняют друг друга при их близком залегании. В качестве первого этапа рассмотрим возможность оценки влажности почв при глубоком залегании грунтовых вод. Такая оценка позволит выявить зоны с недостаточным и избыточным увлажнением и, соответственно, запланировать проведение тех или иных мероприятий для создания оптимальных условий для произрастания сельскохозяйственных культур.

Как известно, влажность почв определяется лабораторным путем по образцам, отобраным в процессе проведения изыскательских работ. Другое дело, когда исследуются пригодность почв для сельскохозяйственного использования в рамках технико-экономического обоснования (ТЭО) или схем комплексного использования водных и земельных ресурсов на каких-то административных территориях. В этом случае возникает необходимость оценки влажности почв на территориях их разработки.

Пространственное распределение влажности почв и запасов влаги в почве можно оценить с помощью линейно-корреляционной модели и водно-физических свойств почв. Это позволит подойти к проблеме оценки влажности почв на большой территории и объективно рассмотреть необходимость улучшения условий произрастания сельхозкультур за счет определенных способов увлажнения территорий.

Если принять среднемноголетнюю влажность почв и оценить ее оптимальность для сельскохозяйственных культур, можно получить представление об условиях водного режима произрастания растений. Однако выполнить такую оценку для больших территорий достаточно затруднительно, если исходить из традиционных методов с отбором образцов почв и лабораторным анализом. Для больших пространств, соизмеримых с административными границами или водосборными площадями, данные по оценке влажности почв в литературе нами не встречены. Такая оценка для больших территорий – достаточно дорогое мероприятие.

Линейно-корреляционная модель водного баланса почвенно-

грунтового слоя в целом для водосбора реки позволяет получить слой впитывания в почву для исследуемой территории. Под впитыванием принято понимать одну из фаз водопроницаемости. Водопроницаемость – процесс поступления воды в почву при определенном напоре, который включает стадию впитывания – проникновения воды в ненасыщенную влагой почву и последующую стадию инфильтрации – движение воды в насыщенной влагой почве до уровня грунтовых вод.

Сущность линейно-корреляционной модели изложена автором ранее [1]. Конспективно идеология линейно-корреляционной модели состоит в анализе корреляционной зависимости речного стока от атмосферных осадков, выпадающих на водосбор. Коль скоро существует такая связь – причина и следствие – то в такой зависимости, пусть и корреляционной, заложены потери атмосферных осадков и стока. Используя параметр свободного члена уравнения прямой, связывающей атмосферные осадки и речной сток b_4 , можно определить впитывающую способность почв [1] и, как следствие, ее влажность. Это позволит оценить необходимость регулирования влажности почв в целом на водосборе.

К потерям на впитывание относится непосредственно тот слой воды, который аккумулирует почва, и слой, аккумулированный на поверхности бассейна. Математически сказанное можно записать через некоторые параметры b_4 и k_4 в виде зависимостей:

$$b_4 = R_\tau + R_0, \quad (1)$$

$$b_4 \frac{1 - k_4}{k_4} = R_\tau,$$

где b_4 – свободный член уравнения прямой, связывающей слой речного стока и слой атмосферных осадков;

k_4 – тангенс угла наклона прямой, связывающей слой речного стока со слоем атмосферных осадков;

R_T – слой суммарного впитывания за период водообразования [1];

R_0 – слой впитывания после конца стока за счет объема воды, оставшегося в замкнутых понижениях [1];

R_τ – слой впитывания на спаде стока [1].

Иными словами, общий слой впитывания R состоит из суммы $R_T + R_0 + R_\tau$.

Приведенные составляющие общего слоя впитывания обоснованы в генетической теории стока [2]. Эти потери формируются в процессе активного водообразования, а также в процессе впитывания и задержания в формах микрорельефа после окончания стока.

Процесс впитывания в значительной мере зависит от почвенно-грунтовых условий, где заметное влияние оказывает порозность верхних горизонтов почв. Немаловажными являются водно-физические свойства почвы – совокупность свойств почвы, определяющих поведение воды в почве.

Если говорить о внешнем виде графика зависимости слоя речного стока от слоя атмосферных осадков, то нужно сказать, что сток начинается с некоторым запаздыванием по отношению к началу выпадения атмосферных осадков. Это запаздывание выражается отрезком b_4 , а в генетической теории стока – суммой двух параметров R_T и R_0 , т. е. $b_4 = R_T + R_0$.

Дальнейшее использование слоя впитывания R состоит в том, чтобы определить по нему тот слой, на который проникает впитавшаяся влага в почву. Благодаря пористости, влага проникает в почву на глубину, превышающую слой впитывания. Слой впитывания – это количество воды в почве, распределяемое по порам. Этот слой может быть определен как отношение:

$$h_R = \frac{R}{P}, \quad (2)$$

где h_R – слой почвы, на который проникает влага по порам от слоя впитывания, мм;

R – слой впитывания, мм;

P – порозность почвы, в долях от единицы.

Для оценки влажности почв и запасов влаги в почве воспользуемся данными измерений и наблюдений на воднобалансовых станциях. Это Нижнедевицкая стоковая станция в Воронежской области, Подмосковная станция, расположенная в Московской области, Валдайский филиал ГГИ в Новгородской области. По Нижнедевицкой стоковой станции использованы данные по водосборам р. Девицы, руч. Ясенюк, логом Барский и Вершинин. По Подмосковной стоковой станции использованы данные по водосборам р. Медвенки, логов Прогоны и Лесного, по Валдайскому филиалу – руч. Архиерейский и лог Синяя Гнилка. Характеристики этих водосборов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика водосборов, использованных для оценки увлажнения

Наименование реки и пункта наблюдений	Площадь водосбора F , км ²	Уравнение корреляционной связи слоя речного стока от слоя атмосферных осадков	Слой впитывания, R , мм	Использованный период наблюдений
р. Девица	76,0	$Y=0,31x-35,7$	115	1966-1980
лог Барский	3,16	$Y=0,32x-136$	426	1966-1980
руч. Ясенюк	21,7	$Y=0,27x-49,4$	183	1966-1980
лог Вершинин	0,45	$Y=0,46x-202$	438	1966-1980
р. Медвенка (д. Лапино)	10,0	$Y=0,66x-254$	384	1964-1979
лог Прогоны	0,80	$Y=0,37x-112$	302	1960-1979
лог Лесной	0,066	$Y=0,29x-131$	454	1960-1979
руч. Архиерейский	2,67	$Y=0,60x-132$	221	1957-1987
лог Синяя Гнилка	0,015	$Y=0,89x-417$	468	1957-1987

На основе данных многолетних наблюдений за речным стоком и атмосферными осадками по пунктам наблюдений, приведенным в таблице 1, было выполнено построение корреляционных графиков зависимости среднегодового стока от атмосферных осадков за год. Выполнены вычисления

корреляционных характеристик, в частности, k_4 и b_4 , а также воднобалансовых параметров по линейно-корреляционной модели. Для этого использованы фондовые материалы наблюдений среднегодовых значений указанных характеристик.

Необходимо отметить, что для каждого водосбора, использованного в расчетах, в осреднение попало сравнительно большое количество точек на каждом водосборе. Всего в оценке влажности почв на всех 9 водосборах приняли участие около 200 точек за каждый год. За использованный период наблюдений привлечена информация более чем 2000 точек отбора проб грунта на влажность и запасы влаги. В таблице 2 приведены данные по порозности, плотности, влажности почв и запасам влаги в почве в слоях 0-20 см и 0-50 см почв водосборов исследуемых воднобалансовых станций.

Таблица 2 – Сравнение водно-физических свойств почв на разных глубинах

Наименование реки и пункта наблюдений	Характеристика измеренных водно-физических свойств почв				
	глубина слоя почв, см	порозность, в долях единицы	плотность почвы, г/см ³	влажность в слое, %	запас воды в слое, мм
р. Девица	0-20	0,60	1,09	31,7	33,9
	0-50	0,59	1,10	36,6	38,3
лог Барский	0-20	0,58	1,13	32,0	36,7
	0-50	0,59	1,10	36,1	33,4
руч. Ясенок	0-20	0,62	1,02	27,6	27,5
	0-50	0,61	1,05	29,8	29,0
лог Вершинин	0-20	0,64	0,97	31,9	30,3
	0-50	0,64	0,97	30,5	31,5
р. Медвенка (д. Лапино)	0-20	0,48	1,39	27,3	78,0
	0-50	0,43	1,53	21,1	181,0
лог Прогоны	0-20	0,47	1,44	25,3	75,0
	0-50	0,41	1,58	21,6	173,0
лог Лесной	0-20	0,5	1,34	28,9	80,0
	0-50	0,43	1,53	20,8	177,0
руч. Архиерейский	0-20	0,50	1,34	18,7	20,3
	0-50	0,45	1,47	14,6	14,4
лог Синяя Гнилка	0-20	0,49	1,36	23,0	29,9
	0-50	0,45	1,47	19,2	26,4

Как следует из сравнения данных, приведенных в таблице 2, различия в характеристиках почв между слоями незначительны. Поэтому расче-

ты можно выполнять для любого из рассмотренных слоев. Учитывая, что слои впитывания на принятых к исследованию водосборах достигают 46,8 см, для расчетов могут быть приняты водно-физические и физические характеристики, принадлежащие слою 0-50 см. Для этого по данным наблюдений осреднены многолетние данные по плотности сложения, влажности почв и запасам влаги в почве для этого слоя.

Как известно, объемная влажность почвы – это отношение объема воды, содержащегося в почве, к объему абсолютно сухой почвы, выраженное в процентах. Поэтому, зная слой, на который проникает влага в почве, можно определить для этого слоя объем почвы с учетом воды в ней:

$$m_R = h_R^3 = (R + k_V)^3,$$

где k_V – слой капиллярной каймы.

Объем воды в почве, m_V , определим по слою впитывания R :

$$m_V = R^3. \quad (3)$$

Тогда объем сухой почвы в слое h_R равен:

$$m_S = m_R - m_V = h_R^3 - R^3 = (R + k_V)^3 - R^3.$$

Влажность почвы по полученным данным можно вычислить по соотношению:

$$V_{\text{выч}} = \frac{m_V}{m_S} = \frac{R^3}{h_R^3 - R^3} = \frac{R^3}{(R + k_V)^3 - R^3}.$$

На первый взгляд, то количество влаги, которое впитала почва слоем R , и есть влажность почв. Однако согласно формуле (1) эта влага распределяется в почве слоем, большим, чем R , влажность уменьшается за счет увеличения слоя распространения влаги h_R . Коль скоро зафиксирована влага слоем R и она удерживается в почве, то разность между $k_V = h_R - R$ может быть отнесена к капиллярной кайме.

Исходя из приведенных рассуждений, выполним вычисления объемов влаги m_R в почве по слою R и, соответственно, объемов почвы m_S

по слою h_R и, наконец, влажности почвы по зависимости (2). Выполненные вычисления влажности $V_{\text{выч}}$ по зависимости (3) показывают (таблица 3), что имеет место некоторое различие в вычисленных и измеренных величинах. Средняя ошибка в вычисленных и измеренных величинах влажности почв не превышает 14,4 %. Если сравнить эту ошибку с принятой точностью инструментального определения влажности почвы [3], составляющей 5-7 %, то полученная нами точность может быть отнесена к удовлетворительной.

Кроме этого, к такой же оценке точности можно прийти, используя критерий точности, принятый в гидрологических прогнозах. В качестве меры применимости и качества методики принимается соотношение средней квадратической погрешности проверочных прогнозов \bar{S} к квадратическому отклонению предсказываемой величины $\bar{\sigma}$. Величина $\bar{S}/\bar{\sigma}$ является показателем того, в какой мере вариация функции определяется вариацией аргумента.

Среднеквадратическая погрешность проверочных расчетов \bar{S} равна:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (y - y')^2}{n - m}}, \quad (4)$$

где y – фактическое значение величины;

y' – предсказанное значение;

n – число членов ряда;

m – число параметров в прогностическом уравнении.

Среднеквадратическое отклонение значений прогнозируемого элемента от среднего равно отношению:

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_1^m (y'_i - \bar{y}')^2}{n - 1}},$$

где y'_i – прогнозируемое значение i -го элемента;

\bar{y}' – среднее значение прогнозируемого элемента.

Таблица 3 – Вычисление влажности почвы и слоя капиллярной каймы

Наименование реки и пункта наблюдений	Порозность P	Слой впитывания R , см	Слой впитывания с капиллярной каймой, $h_R = R + k_V$, см	Слой капиллярной каймы k_V , см	Измеренная влажность $V_{\text{измер}}$, %	Объем воды в почве, m_V , см ³	Объем сухой почвы, m_S , см ³	Вычисленная влажность, $V_{\text{выч}}$, %	Ошибка вычисления влажности почв, %
р. Девица	0,60	11,5	18	6	36,6	1521	5832	35,3	3,6
лог Барский	0,58	18,3	29	12	36,1	6128	27000	29,4	18,7
руч. Ясенок	0,62	42,6	71	26	29,8	77309	328509	30,8	3,3
лог Вершинин	0,64	43,8	70	24	30,5	84028	314432	36,5	15,8
р. Медвенка (д. Лапино)	0,48	38,4	65	34	21,1	56623	373248	17,9	15,1
лог Прогоны	0,47	30,2	51	28	21,6	27544	195112	16,4	23,7
лог Лесной	0,50	45,4	74	42	20,8	93577	658503	16,6	20,5
руч. Архиерейский	0,63	46,8	82	35	19,2	102503	448865	23,0	15,8
лог Синяя Гнилка	0,62	22,1	41	20	14,6	10794	63294	17,0	13,1
Среднее									14,4

Выполним вычисления этого критерия, вычисления сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Вычисление критерия качества методики $\bar{S}/\bar{\sigma}$ для оценки влажности почв

Наименование реки и пункта наблюдений	Вычисленная влажность y' , %	Измеренная влажность y , %	$(y - y')^2$	$(y_i' - \bar{y}')^2$
р. Девица	35,3	36,6	1,69	94,28
лог Барский	29,4	36,1	44,89	14,52
руч. Ясенок	30,8	29,8	1	27,14
лог Вершинин	36,5	30,5	36	119,03
р. Медвенка (д. Лапино)	17,9	21,1	10,24	59,14
лог Прогоны	16,4	21,6	27,04	84,46
лог Лесной	16,6	20,8	17,64	80,82
руч. Архиерейский	23,0	19,2	14,44	6,71
лог Синяя Гнилка	17,0	14,6	5,76	73,79
Сумма	223	230	158,7	560
Среднее	24,8	25,6		

Таким образом, значение S будет равно $\bar{S} = \sqrt{\frac{15,7}{7}} = 4,76$, а значение

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{560}{8}} = 8,36.$$

Тогда $\bar{S}/\bar{\sigma} = 4,76/8,36 = 0,57$.

При значении $\bar{S}/\bar{\sigma} \leq 0,5$ качество методики относится к категории хорошей, при $\bar{S}/\bar{\sigma} = 0,51 - 0,80$ – к удовлетворительной.

Отсюда качество предложенной методики оценки влажности почв относится к категории удовлетворительной.

Понятно, что вычисление ошибки по такому небольшому количеству пунктов наблюдений носит условный характер из-за небольшого статистического материала. Для более уверенного суждения о точности предлагаемого подхода необходимо расширить список пунктов наблюдений с разнообразными почвенными свойствами водосборов. Однако в существующих условиях получение материалов наблюдений и измерений, особенно экспериментальных – задача практически неразрешимая с точки зрения стоимости материалов.

Представляется, что ошибки, полученные при сопоставлении вычисленной и измеренной влажностей, связаны с условиями формирования капиллярной каймы. При этом слой впитывания, в свою очередь, косвенно является показателем влияния на капиллярную кайму многих физических и водно-физических свойств почвы. На рисунке 1 показана ориентировочная зависимость слоя капиллярной каймы от слоя впитывания для небольшой группы водосборов рек с определенными почвенными разностями.

Вероятно, при использовании более разнообразных природных условий, выраженных в почвенных характеристиках, указанная зависимость может быть представлена серией линий. При этом каждая из линий должна будет относиться к определенному типу почв и их гранулометрическому составу.

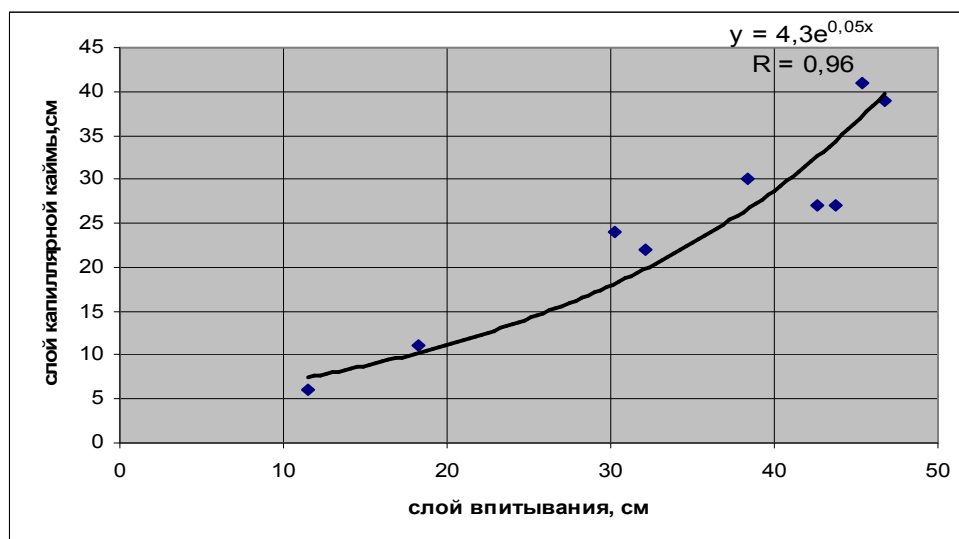


Рисунок 1 – Зависимость слоя капиллярной каймы k_{γ} от слоя впитывания в почву R

Зависимость, представленная на рисунке 1, безусловно, ориентировочная, т. к. построена по недостаточному количеству точек и незначительному охвату генетических типов почв и их гранулометрического состава. С накоплением данных график может быть откорректирован.

Вопрос размеров капиллярной каймы в литературе освещен недостаточно. Единственный источник, в котором встречаются размеры этого

слоя – монография А. А. Роде [4]. В ней приводятся экспериментальные данные С. И. Долгова. По этим данным слой капиллярной каймы изменяется от 41 см с размером зерен в гранулометрическом составе 0,1-0,25 мм до 5 см – при размере зерен 1-2 мм. Как следует из наших вычислений, размер капиллярной каймы имеет примерно такие же значения. По нашему мнению, размер капиллярной каймы удобней выражать через слой впитывания.

По известной влажности почв V , ее плотности сложения β и слою, для которого вычисляется запас влаги δ , вычисление запасов воды в почве не вызывает затруднений:

$$h=0,1\cdot\beta\cdot V\cdot\delta.$$

Выполним оценку запасов воды в почве на водосборах приведенных выше воднобалансовых станциях. Вычисления приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Вычисление запасов влаги

Наименование реки и пункта наблюдений	Объемная масса, г/см ³	Вычисленная влажность почв, %	Вычисленный запас влаги в почве с учетом пористости (формула (2)), мм	Измеренный запас влаги в почве на 1 см глубины, мм	Ошибка вычисления, запаса влаги, %
р. Девица	1,10	35,3	194	201	3,5
лог Барский	1,10	29,4	161	197	18,6
руч. Ясенок	1,05	30,8	162	156	3,3
лог Вершинин	0,97	36,5	177	148	13,4
р. Медвенка (д. Лапино)	1,53	17,9	137	161	13,4
лог Прогоны	1,58	16,4	130	170	25,0
лог Лесной	1,53	16,6	159	127	18,5
руч. Архиевский	1,35	23,0	61,6	62,1	0,7
лог Синяя Гнилка	1,34	17,0	45,7	50,1	8,8
Среднее					11,7

Как следует из результатов расчетов, средняя ошибка вычисления запасов влаги в почве для территорий, соизмеримых с административными областями или речными водосборами, не превышает 12 %. Максимальная ошибка – 25,0 %, минимальная – 0,7 %.

Оценку качества предложения по вычислению запасов влаги в почве выполним также по критерию $\bar{S}/\bar{\sigma}$ (таблица 6).

Таблица 6 – Вычисление критерия качества методики $\bar{S}/\bar{\sigma}$ для оценки влажности почв

Наименование реки и пункта наблюдений	Вычисленный запас влаги y' , мм	Измеренный запас влаги y , мм	$(y - y')^2$	$(y_i' - \bar{y}')^2$
р. Девица	194	201	49	3287
лог Барский	161	197	1296	592
руч. Ясенок	162	156	36	642
лог Вершинин	177	148	841	1627
р. Медвенка (д. Лапино)	137	161	576	0
лог Прогоны	130	170	1600	44
лог Лесной	159	127	1024	499
руч. Архиерейский	61,6	62,1	0,25	5636
лог Синяя Гнилка	45,7	50,1	19,36	8276
Сумма	1227	1272	5442	20601
Среднее	136,4	141,4		

Таким образом, значение S будет иметь численное значение

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{5442}{7}} = 27,9, \text{ а значение } \bar{\sigma} = \sqrt{\frac{20601}{8}} = 50,7.$$

Тогда $\bar{S}/\bar{\sigma} = 27,9/50,7 = 0,55$, т. е в этом случае качество методики относится к удовлетворительной категории.

Сопоставления вычисленных значений влажности по изложенной схеме с влажностью, полученной по наблюдениям, позволяет рекомендовать использование изложенного выше подхода на практике.

Как уже говорилось, влажность почв во многом зависит от глубины h_R , на которую распространяется влага при слое впитывания R . При этом вычислен слой капиллярной каймы k_v и получена предварительная зависимость размера слоя капиллярной каймы от слоя впитывания в почву.

Таким образом, последовательность определения влажности почв следующая:

- выполняется оценка слоя впитывания по линейно-корреляционной модели;
- определяется величина капиллярной каймы с использованием графика на рисунке 1;
- вычисляются объемы влаги в почве по зависимости (3) с использо-

ванием слоя R ;

- вычисляется объем почвы слоем $h_r = R + k_v$;

- вычисляется влажность почвы по зависимости (3).

При последовательности определения запасов влаги в почве основой вычисления является оценка объемной массы почвы. Ведь в зависимости (4) объемная масса является неизвестной при условии определения влажности почвы для определенного слоя почвы. Понятно, что величина объемной массы зависит от степени обработки почвы для сельскохозяйственных и других целей. Тем не менее, имея почвенную карту определенного масштаба, обеспечивающую точность оценки генетического типа почв и их гранулометрического состава, можно оценить генетический тип почв и объемную массу. В таком случае вычисление запасов влаги в почве не вызывает трудностей.

Представленная схема расчета влажности почв и запасов влаги в почве с точки зрения точности их определения пригодна для оценки пространственного распределения степени увлажнения почв. Эта процедура имеет смысл для больших территорий, где большое количество точечного отбора проб почвы и их лабораторный анализ неэффективны с экономической точки зрения, например для территорий, входящих в состав ТЭО или схемы комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов.

Предлагаемая методика позволяет рассматривать необходимость применения мелиоративных осушительных и оросительных мероприятий в зависимости от влажности почвы и запасов воды в ней.

В работе выполнена оценка размеров капиллярной каймы, которые совпадают с данными С. И. Долгова [4].

Список использованных источников

1 Иофин, З. К. Совершенствование теории формирования элементов водного баланса речных бассейнов / З. К. Иофин. – М.: Литературное

агентство «Университетская книга», 2012. – 196 с.

2 Бефани, А. Н. Вопросы региональной гидрологии. Паводочный сток: учебное пособие / А. Н. Бефани. – К., 1989. – 132 с.

3 ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – Введ. 01.06.1990. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 7 с.

4 Роде, А. А. Почвенная влага / А. А. Роде. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1952. – 456 с.

Иофин Зиновий Константинович – кандидат географических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Вологодский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ВоГТУ»), доцент.

Контактный телефон: +7911-500-46-46.

E-mail: pirit35@yandex.ru

Iofin ZinoviY Konstantinovich – Candidate of Geographic Sciences, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Vologda State Technical University (FSBEE HPE “VSTU”), Associate Professor.

Contact telephone number: +7911-500-46-46.

E-mail: pirit35@yandex.ru