



**Экологическое состояние  
природной среды**

**и научно-практические  
аспекты современных  
мелиоративных технологий**

**Выпуск 3**

*Рецензент:*

**Н.Г. Ковалев**, академик Российской академии сельскохозяйственных наук

*Редакционная коллегия:*

редактор – **И.И. Прохорова**

заместитель редактора – **Ю.А. Томина**

члены редколлегии: – **С.А. Ардашева**

**Л.А. Давыдова**

оформление обложки – **В.И. Желязко**

**Э40**      **Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: Сб. науч. тр. Вып. 3 / Под общ. ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2008. – 579 с.**

**ISBN 978-5-902446-16-3**

В сборнике опубликованы материалы исследований научных центров, научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений и др. предприятий Российской Федерации, а также отдельных стран ближнего и дальнего зарубежья по теоретическим и практическим аспектам экологического состояния природной среды под влиянием мелиорации и других антропогенных факторов. Предложены технические и технологические решения по комплексной мелиорации земель с экологически безопасным и устойчивым земледелием, особенности растениеводства на деградированных землях, социально-правовые и экономические вопросы в современных условиях.

Сборник рассчитан на широкий круг специалистов проектных, мелиоративных и сельскохозяйственных организаций, почвоведов, экологов и научных работников, занимающихся вопросами охраны окружающей среды.

**ISBN 978-5-902446-16-3**

ББК 40.6+28.081

© Авторы статей, включенных в сборник, 2008

© Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ  
Россельхозакадемии, 2008

© ФГОУ ВПО «Рязанский государственный  
агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева», 2008

*А.В. Копытовских*  
(УО «Полесский государственный университет»,  
Республика Беларусь)

#### **Выбор сезона проведения мероприятий по разуплотнению почвенного профиля**

Эффективность мероприятий по разуплотнению почвенного профиля связана во многом с высокой плотностью сложения, особенно почв тяжелого механического состава, с помощью механической обработки при использовании глубоких рыхлителей, почвоуглубителей и ряда других орудий не вызывает сомнений. При этом до настоящего времени остается дискуссионным вопрос о времени проведения этих мероприятий, а именно: следует проводить их осенью или весной в предпосевной период.

Существует вполне обоснованное мнение, что осеннее глубокое безотвальное рыхление пахотного и подпахотного горизонтов способствует воссозданию более низкой плотности сложения, т.е. характеризуется большей степенью разуплотнения почвенного профиля. Это объясняется тем, что после разуплотнения почвы в осенний период к весне ее пористость увеличивается. До наступления промерзания почвы за счет поступающей с осадками влаги поровое пространство заполняется водой, как правило, до полной влагоемкости. При ее замерзании и образовании кристаллов льда происходит дополнительное расширение порового пространства за счет увеличения объема воды при ее переходе из жидкой в твердую фазу, т.е. возникает дополнительный эффект рыхления [1]. Кроме того, известно, что глубокое рыхление в осенний период способствует более интенсивному накоплению влаги в почве весной при таянии снега, что может сыграть положительную роль в условиях засушливой весны [2, 3].

По другим источникам информации, в условиях теплых зим, при наличии большого числа продолжительных оттепелей эффективность осеннего рыхления может быть низкой в связи с тем, что под действием талых вод происходит ухудшение структуры почвенного профиля вследствие разрушения неводопрочных почвенных агрегатов [4]. Поэтому цель данной работы – ответ на вопрос о сравнительной эффективности разуплотнения почвенного профиля в осенний и весенний периоды.

Для достижения поставленной цели на участке «Кривники» Витебского экспериментального хозяйства Сенненского района Витебской области в 1994–2000 гг. проведены полевые опыты согласно методическим рекомендациям по проведению научных исследований на мелиорированных землях избыточно увлажненной части СССР [5]. Плотность

сложения почвы определяли объемно-весовым способом на основе методических указаний по почвенно-геоботаническим и агрохимическим исследованиям в БССР [6].

Полевой стационар представляет собой экомикцелио-аккумулятивную равнину, осушенную систематическим закрытым дренажом. Почвы участка – дерново-подзолистые слабоподзоленные средние и легкие суглинки слабой степени родрикованности на мощных моренных пылеватых слабоводопроницаемых средних суглинках. Радуциотенние почвенного профиля осуществляли в осенний и весенний период при благоприятной для рыхления влажности почвы, составлявшей 60-75 % от максимальной влагоемкости, с помощью чизельного рыхлителя-цельевателя РЦ 0,8 на глубину 60 см при расстоянии между проходами рабочих органов 100-120 см. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Влияние мероприятий по радуциотенению почвенного профиля на плотность сложения пахотного слоя 0-30 см при осеннем и весеннем их проведении**

| Год  | Сумма положительных температур за морозный период, °С | Исходная плотность сложения, $d_0$ , г/см <sup>3</sup> | Плотность при осеннем радуциотенении, $d_1^*$ , г/см <sup>3</sup> | Плотность при весеннем радуциотенении, $d_2^*$ , г/см <sup>3</sup> | Относительная плотность сложения, $0,97d_0^2 - d_1^*d_2^*$ |
|------|---|--|---|--|--|
| 1994 | 26  | 1,35   | 1,17  | 1,18   | 0,99   |
| 1995 | 48  | 1,34   | 1,19  | 1,17   | 1,03   |
| 1996 | 0,7   | 1,42   | 1,16  | 1,20   | 0,97   |
| 1997 | 59  | 1,46   | 1,25  | 1,21   | 1,03   |
| 1998 | 65  | 1,30   | 1,20  | 1,16   | 1,04   |
| 1999 | 40  | 1,38   | 1,20  | 1,19   | 0,98   |
| 2000 | 54  | 1,28   | 1,18  | 1,15   | 1,02   |

В качестве показателя, характеризующего термический режим зимнего периода, принята сумма положительных температур за морозный период, т.е. с момента устойчивого промерзания почвы до момента ее окончательного оттаивания.

Анализ таблицы показывает, что сумма положительных температур за морозный период колебалась в пределах 0,7-65 °С. При этом больших различий в плотности сложения почвы при проведении мероприятий по радуциотенению в осенний и весенний периоды не установлено. Об этом можно судить по показателю относительной плотности сложения, представляющему собой отношение плотностей при проведении мероприятий соответственно в осеннее время и весной. Но следует иметь в виду, что отклонение плотности сложения пахотного слоя от оптимальных значений на 5-10 % может привести к снижению урожайности культур на 10-15 % [7]. Для более детального изучения влияния теплых зим на степень радуциотененная почвы проведен регрессионный анализ. На рис. 1 приведен график зависимости относительной плотности сложения от суммы положительных температур.

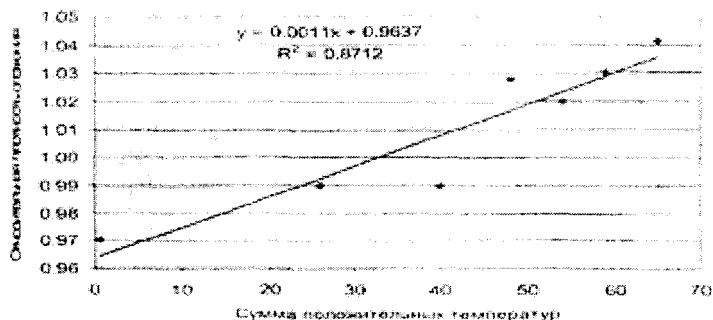


Рис. 1. Линейная зависимость относительной плотности сложения пахотного слоя от суммы положительных температур за морозный период

Анализ графика свидетельствует о наличии высокой корреляционной связи между исследуемыми параметрами с коэффициентом корреляции  $R = 0,93$ .

Возможно также построение регрессионной модели на основе квадратичного полинома. График указанной зависимости показан на рис. 2.

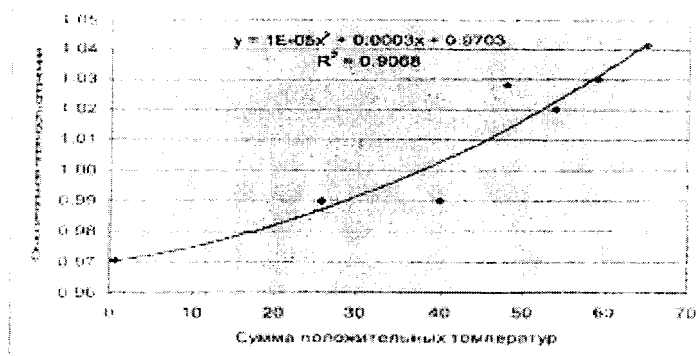


Рис. 2. Полиномиальная зависимость относительной плотности сложения пахотного слоя от суммы положительных температур за морозный период

При использовании полиномиальной зависимости коэффициент корреляции возрастает до  $R = 0,95$ . Следовательно, гидрометеорологические условия зимнего периода оказывают значимое влияние на степень разуплотнения почвенного профиля. Приблизительно можно констатировать факт, что в диапазоне сумм положительных температур 0–30 °С (с учетом 95%-ного доверительного интервала уравнения регрессии [8]) мероприятия по разуплотнению в осенний период, в диапазоне 30–40 °С мероприятия особенно и весной будут равноэффективны, и в диапазоне сумм температур более 40 °С предпочтение следует отдать весеннему разуплотнению почвы.

При этом возникает вопрос, насколько прогнозируем фактор, определяющий время проведения указанных агрометеорологических мероприятий, и какое решение будет более предпочтительным при отсутствии прогнозной оценки? Для ответа на него построена гистограмма и теоретическая функция плотности распределения сумм положительных температур за морозный период по данным метеостанции г. Сено за период 1945–2001 гг., приведенная на рис. 3, а также интегральная функция распределения (на рис. 4).

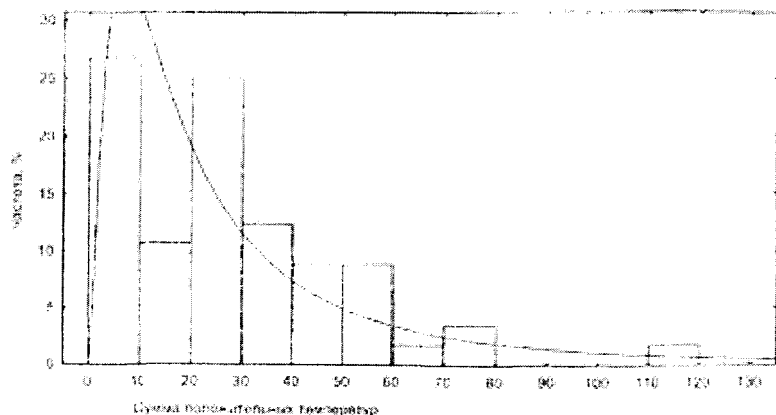


Рис. 3. Гистограмма и теоретическая функция плотности распределения положительных температур за морозный период

Статистический анализ свидетельствует о допустимости описания данного распределения логарифмически-нормальным законом, что подтверждается тестом Колмогорова – Смирнова. В таблице 2 приведены основные характеристики распределения.

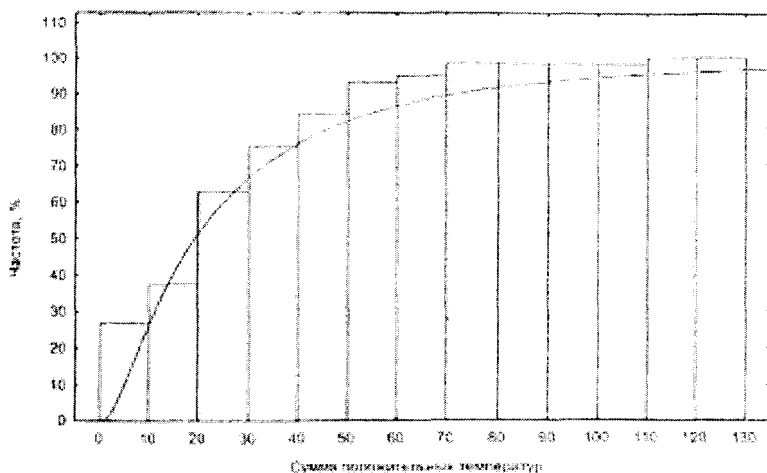


Рис. 4. Интегральная функция распределения положительных температур за морозный период

Таблица 2

**Статистические характеристики распределения сумм положительных температур за морозный период**

|                  |                        |         | Характеристики распределения |         |          |                      |                        |
|------------------|------------------------|---------|------------------------------|---------|----------|----------------------|------------------------|
| Среднее значение | Стандартное отклонение | Медиана | Мода                         | Минимум | Максимум | Коэффициент вариации | Коэффициент асимметрии |
| 28,7             | 17,2                   | 24,7    | Мульти-модальная             | 0,7     | 115,0    | 1,3                  | 2,7                    |

Анализ распределения позволяет сделать следующие выводы. В 73 % случаев суммы положительных температур не превышают 40 °С. В 50 % случаев суммы температур находятся в интервале 0–25 °С. Эмпирическое распределение имеет две выраженные моды в интервалах 0–10 °С и 20–30 °С, при этом мода теоретической функции составляет 8,6 °С. То есть при отсутствии прогнозных оценок термического режима зимнего периода более эффективными на многолетнем интервале мероприятия по разуплотнению, проводимые в осенний период.

Следует иметь в виду, что данное утверждение будет справедливо в том случае, если сумма положительных зимних температур в будущем не будет существенно возрастать.

На рис. 5 приведен линейный тренд сумм температур за весь период наблюдений, свидетельствующий об устойчивом их росте, что, вероятно, связано с глобальным потеплением. Это свидетельствует о необходимости учета изменений климата на многолетнем интервале при планировании времени проведения мероприятий. При сохранении указанной тенденции можно утверждать, что в будущем более эффективными станут мероприятия по разуплотнению почвы, проводимые весной.

Для более детального анализа колебаний сумм положительных температур построен полиномиальный тренд, показанный на рис. 6.

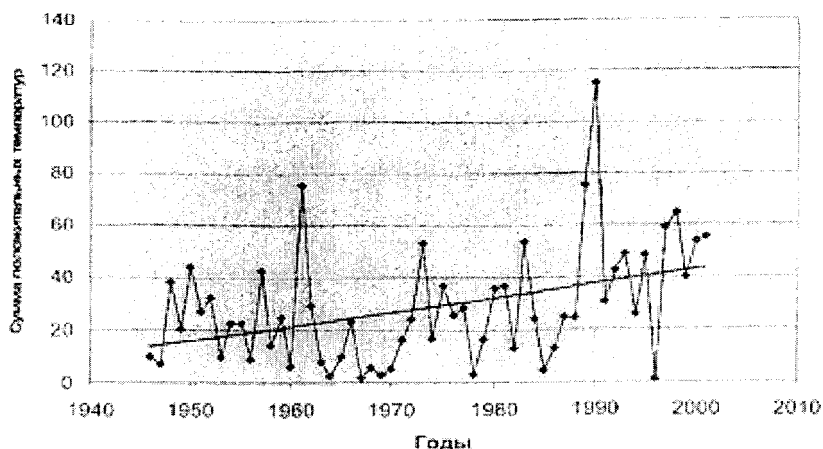


Рис. 5. Фактические данные и линейный тренд изменения сумм положительных температур за морозный период

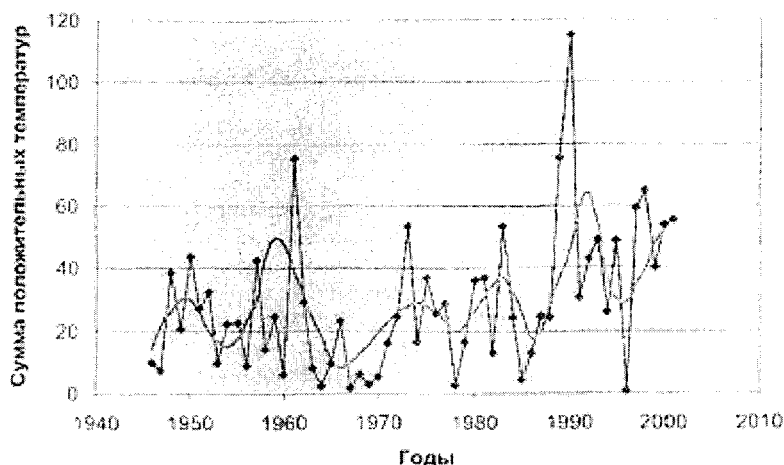


Рис. 6. Фактические данные и полиномиальный тренд изменения сумм положительных температур за морозный период

Анализ графика позволяет выделить шесть основных периодов (зиков) оттепелей, что дает возможность предположить, что существует связь между этими периодами и циклами солнечной активности.

Для сопоставления на рис. 7 приведены тренды колебаний солнечной активности в одиннадцатилетнем цикле Швabe - Вольфа (нижняя кривая в относительных единицах) и изменения термического режима зимнего периода (верхняя кривая).

Из графика видно, что основные периоды зимних оттепелей наблюдаются в основном на нисходящей ветви солнечной активности, т.е. в период ее изменения от максимума до минимума.

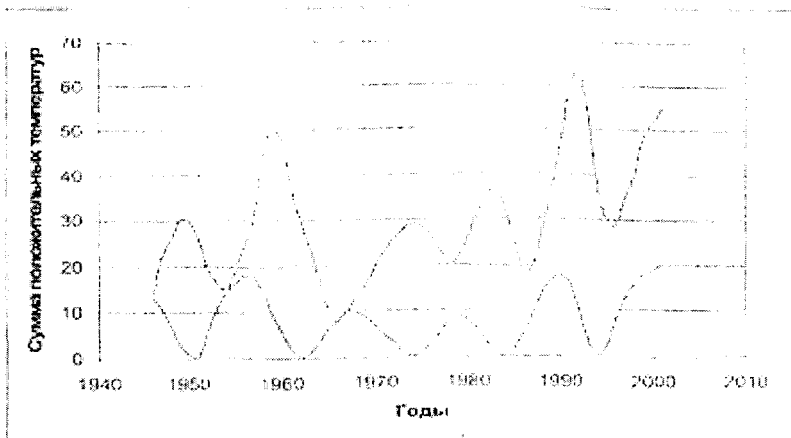


Рис. 7. Сопоставительный анализ трендов сумм положительных температур за морозный период в градусах Цельсия (верхняя кривая линия) и солнечной активности (нижняя кривая в относительных единицах)

Соответствующие расчеты, представленные в таблице 3, показывают, что около 2/3 теплых зим с суммой положительных температур более 40 °С приходится на нисходящую ветвь солнечной активности, и, наоборот, около 2/3 морозных зим с суммой положительных температур менее 30 °С соответствует восходящей ветви.

Таблица 3

**Качество холодных и теплых зим в зависимости от возрастающей или убывающей солнечной активности**

| Солнечная активность в одиннадцатилетнем цикле | Количество зим с суммой положительных температур менее 30 °С | Количество зим с суммой положительных температур более 40 °С |
|--|--|--|
| Убывающая                                      | 12   | 10   |
| Возрастающая                                   | 23   | 5  |

В одиннадцатилетнем цикле в периоды возрастающей солнечной активности от минимума до максимума более эффективны мероприятия по разуплотнению почвенного профиля в осенний период, поскольку большая часть холодных зим имеет место именно в это время. При убывании солнечной активности более эффективным будет проведение этих мероприятий весной. Учитывая тот фактор, что циклы солнечной активности достаточно хорошо прогнозируемы [9], изложенная в работе тенденция может быть использована для планирования времени проведения агрометеорологических мероприятий по разуплотнению пахотного и подпахотного горизонтов почвенного профиля в северной зоне Республики Беларусь. При этом вероятность принятия правильного решения по проведению данных мероприятий возрастает с 73 до 79 %.

Итак, в работе впервые выполнена оценка влияния времени проведения мероприятий по разуплотнению почвенного профиля на минеральных осушенных землях с избыточной плотностью сложены на эффективность разуплотнения. Предложены способы принятия решений по проведению агрометеорологических мероприятий с учетом противной оценки и без прогноза термического режима зимнего периода. Без прогнозной оценки проведение мероприятий по разуплотнению в целом более эффективно осенью и позволяет получить необходимый результат с 70–75 % вероятностью. С учетом установленной связи между термическим режимом зимнего периода и солнечной активностью эффективнее принятие решений по времени проведения мероприятий практически до 80 %.

Необходимо подчеркнуть, что полученные закономерности справедливы для настоящего периода. Но в недалеком будущем при сохранении тенденции роста зимних по-



ложительных температур наступит момент, когда мероприятия по разуплотнению почвенного профиля нужно будет проводить только весной, поэтому для принятия правильных решений в будущем необходим мониторинг динамики сумм указанных температур.

Методологический подход и полученные результаты можно использовать для планирования и других управленческих решений в сельском хозяйстве, например для разработки оптимального соотношения озимых и яровых зерновых культур в структуре посевных площадей. В дальнейшем планируется определить вероятное наступление периода перехода на весеннее разуплотнение, а также исследовать влияние времени проведения мероприятий по разуплотнению почвенного профиля на накопление влаги в почве в предпосевной период, что может играть существенную роль в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях засушливых весенних периодов.

## Литература

1. Батюк Н.И. Усовершенствованные способы регулирования водного режима химизированных земель // Прогнозы водного режима при мелиорации земель. Минск, Беларусь. НИИ мелиорации и водного хозяйства, 1985. – С. 62–68.
2. Влаго- и энергосберегающие технологии / В.В. Шабанов, В.Н. Токаренко // Химизация сельского хозяйства. – 1988. – № 7. – С. 21.
3. Способы повышения продуктивности дерново-подзолистых уплотненных почв / Н.Н. Поповкин и др. // Мелиорация переуплотненных земель: Сб. науч. раб. БелНИИМЛ. – 2002. – Т. 49. – С. 89–98.
4. Карпачевский Т. Обработка почвы при интенсивном возделывании полевых культур // Пер. с польск. Н.А. Чурсева, Под ред. А.С. Кушиарева. – М.: Агропромиздат, 1998. – 248 с.
5. Проведение научных исследований на мелиорированных землях избыточно увлажненной части СССР. – М., 1984. – 164 с.
6. Методические указания по почвенно-геоботаническому и агрохимическому исследованиям в ВССР. – Минск: Ураджай, 1973. – 300 с.
7. Рязань В.С. Плодородие почвы и ее плодородие / И.Б. Ревуц, И.Г. Лебедева, Н.А. Абрамов // Сб. тр. по агроном. фитонке. – П., 1962. – Вып. 10. – С. 154–165.
8. Радюев Ю.В. Климат и урожайность зерновых культур. – М.: Наука, 1981. – 163 с.
9. Храмова М.Н. Прогнозирование сезонной активности методом фазовых средин // М.Н. Храмова, С.А. Красоткина, Э.В. Киселович // Исследования в России [Электронный ресурс]. – 2001. – <http://zhurnal.ape.relmln.ru/articles/2001/107.pdf>.