

УДК 502/504:631.452:631.879.2

**А. С. Давыдов**, доктор с.-х. наук, доцент

Контактная информация: тел. 8 (3852) 62-84-11

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный аграрный университет», Барнаул

**Р. П. Воробьева**, доктор с.-х. наук, профессор

Контактная информация: тел. 8 (3852) 24-02-03, e-mail: niissw@rambler.ru

Алтайский филиал НИИ по сельскохозяйственному использованию сточных вод (НИИССВ) «Прогресс»

## ПОЧВЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД — ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ И ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬ

*Дано обоснование возможности использования осадков сточных вод в качестве органоминерального удобрения и мелиоранта черноземных почв. Изложены результаты исследований по изучению влияния осадков сточных вод на физико-химические, агрохимические свойства, на накопление тяжелых металлов и биологическую активность лугово-черноземной почвы и чернозема выщелоченного. Показано положительное влияние осадков сточных вод на урожайность и качество растительной продукции.*

*There is given a substantiation of possible usage of waste water sediments as an organic-mineral fertilizer and meliorant of chernozem soils. There are stated the research results of studying the influence of waste water sediments on physical and chemical, agrochemical properties, accumulation of heavy metals and biological activity of the meadow-chernozem soil and leached chernozem. There is shown a positive influence of waste water sediments on the crop capacity and quality of vegetative products.*

Осадки сточных вод от объема сточных вод составляют около 1 %, но за годы эксплуатации канализационных очистных сооружений городов Алтайского края на иловых площадках накопилось около 1 млн т сухого осадка. Огромное количество такого рода осадков требует размещения. Его можно осуществлять по двум направлениям: утилизация или захоронение на специально организованных полигонах, свалках и т. д. (депонирование).

Проблема утилизации осадков стоков существует практически во всех странах, так как илы в основной своей массе загрязнены тяжелыми металлами и органическими микропримесями. С точки зрения здравоохранения и территориальных требований эти загрязнения могут вызывать проблемы при запашке осадков в почву. Тем не менее, одним из наиболее экономически оправданных путей утилизации осадков сточных вод является их использование в качестве органического удобре-

ния, так как в своем составе они содержат необходимые для растений питательные вещества в виде минеральных элементов и органических соединений.

В России в качестве удобрения организовано используется не более 5 % осадков, несмотря на острый недостаток в органических и высокую стоимость минеральных удобрений. Возможное расширение масштабов такого использования связано с совершенствованием нормативных требований к качеству осадков, выполнение которых поможет в разрешении следующих экологических проблем: возможная аккумуляция тяжелых металлов в почве и растениях, отрицательное влияние осадков на урожайность и качество выращиваемой продукции, загрязнение водных источников и др.

При размещении осадков сточных вод в качестве удобрения к ним предъявляют требования по допустимому содержанию тяжелых металлов, санитарно-бактериологическим и

санитарно-паразитологическим показателям. Снижения содержания тяжелых металлов можно достигнуть путем смешения осадков стоков перед их внесением в почву, компостированием с органическими наполнителями (торфом, опилками и др.) или путем известкования до рН 12 и перевода тем самым тяжелых металлов в связанную форму [1].

По санитарно-гигиеническим показателям осадок, направляемый на утилизацию или захоронение, должен соответствовать требованиям санитарных правил и норм, т. е. в осадке должны отсутствовать яйца гельминтов и патогенные бактерии [2]. Одной из задач технологии обработки осадка является уменьшение его объема, т. е. снижение влажности. Для осадков сточных вод приемлемо значение влажности 70...80 %. При такой влажности осадок хорошо сохраняет форму, его можно перевозить автотранспортом.

Осадки сточных вод по своему основному составу, а также действию на почвенное плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур приближаются к навозу. В среднем, по многочисленным данным, такие осадки содержат в пересчете на сухое вещество примерно одинаковое с навозом количество органически связанного углерода и общего азота, больше фосфора и меньше калия.

Практика НИИ по сельскохозяйственному использованию сточных вод «Прогресс» и других институтов показывает, что при соблюдении технологии утилизации осадков сточных вод в качестве удобрений под кормовые, зерновые культуры не происходит ухудшения агрохимического и санитарного состояния почвы, качества выращиваемой продукции, гидрохимического режима грунтовых вод. Основные элементы этой технологии: сроки и дозы внесения, подбор культур, техника внесения, агротехнические приемы возделывания сельскохозяйственных культур.

Исследованиями авторов по почвенной утилизации осадков сточных

вод установлено, что для лугово-черноземных почв, в которые вносили осадки стоков города Рубцовска, характерно постепенное снижение гумуса с 2,6 % в слое 0...30 см до 1,2 % в слое 50...100 см. В среднем в слое 0...30 см содержание гумуса составило 2,7 %, что характеризует эти почвы как слабогумусированные. Нитрификационная способность лугово-черноземной почвы средняя, содержание легкогидролизуемого азота в пахотном слое 12,2 мг/100 г почвы, подвижного фосфора  $P_2O_5$  — 3,6 мг/100 г почвы (по Мачигину), обменного калия  $K_2O$  — 46,4 мг/100 г почвы (по Мачигину). Уже в первый год после внесения осадков сточных вод отмечено существенное увеличение в почве валового содержания элементов питания: азота — возросло в среднем более чем в 2 раза, фосфора — в 1,7 раза, а вот калия осталось практически на исходном уровне. На 0,5 % увеличилось содержание гумуса, на 9,3 мг/100 г почвы, или в 2,6 раза, стало больше подвижного фосфора и на 5,2 мг/100 г почвы — обменного калия. Практически без изменения осталась реакция почвенного раствора (рН<sub>c</sub>) (таблица).

При анализе результатов обнаружена закономерность возрастания значения показателей по мере увеличения норм осадков, хотя имеются и исключения (например, валовое содержание азота, калия, а также калия обменного в вариантах с нормами 40 и 80 т/га).

Исследования с осадками сточных вод с канализационных очистных сооружений города Барнаула проведены Алтайским филиалом НИИ по сельскохозяйственному использованию сточных вод «Прогресс» и Алтайским государственным аграрным университетом на черноземе выщелоченном, малогумусном, средне- и легкосуглинистом. Осадки сточных вод после 3-4-летнего хранения имели высокое содержание элементов питания, легко разлагающиеся органические вещества, не были загрязнены патогенной микрофлорой и канцерогенными веществами.

**Агрохимическая характеристика лугово-черноземной почвы опытного участка в слое 0...20 см при внесении осадков сточных вод (город Рубцовск)**

Показатель	Исходное состояние	Последствие через 1 год			Последствие через 2 года			Последствие через 3 года		
		Норма внесения, т/га								
		20	40	80	20	40	80	20	40	80
pH <sub>сол.</sub>	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,2	7,1	7,0
Гумус, %	2,7	3,0	3,1	3,5	3,2	3,3	3,8	2,9	3,3	3,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> подвижный, мг на 100 г почвы	3,6	3,7	10,5	13,8	8,7	10,9	16,1	5,7	7,4	8,1
K <sub>2</sub> O обменный, мг на 100 г почвы	46,4	50,6	53,1	51,0	45,8	41,3	43,6	38,3	36,4	30,7
Азот валовой, %	0,09	0,16	0,22	0,17	0,17	0,17	0,22	—	—	—
Фосфор валовой, %	0,14	0,22	0,23	0,27	0,17	0,18	0,30	0,17	0,16	0,17
Калий валовой, %	3,20	3,46	3,48	2,80	3,20	3,20	3,00	3,16	3,16	3,10

Осадки не содержали повышенного количества тяжелых металлов.

Осадки сточных вод были внесены в почву в мае под предпосевную культивацию. На опытном участке высевали яровую пшеницу сорта Алтайский простор и кукурузу гибрид Одесский 80МВ. Результаты последствия различных норм осадков были определены в почвенных образцах. Под действием различных норм осадков за два года произошло возрастание рН<sub>c</sub>. Максимальное значение этого показателя для вариантов с нормами внесения осадков сточных вод 40...80 т/га — 6,5...6,6. Прослеживается динамика возрастания содержания гумуса в связи с увеличением нормы внесения осадков сточных вод. Если в контрольном варианте гумуса было 5,1 % (как и в исходном состоянии), то в процессе внесения осадков сточных вод произошло увеличение гумуса с 5,2 % в варианте с минимальной нормой внесения 10 т/га до 5,7 % в варианте с нормой внесения 80 т/га.

За два года исследований в почве опытного участка сократилось содержание азота легкогидролизуемого. Сокращение отмечено и в контрольном, и в вариантах с удобрением. Содержание подвижного фосфора в почве увеличилось при внесении нормы осадков 80 т/га и составило 252 мг/кг. В вариантах с внесением удобрения нормами 40 и 60 т/га его содержание незначительно уменьшилось по сравнению с исходным

содержанием. Наибольшее уменьшение произошло в вариантах, где осадки сточных вод были внесены нормами 10 и 20 т/га и особенно — на контроле.

Содержание обменного калия при внесении повышенных норм осадков сточных вод (40...80 т/га) осталось на уровне исходного состояния или даже незначительно возросло (в варианте 40 т/га — до 124 мг/кг). В вариантах с минимальными нормами и на контроле отмечено снижение содержания обменного калия до 77...78 мг/кг.

При определении валового содержания элементов питания в почве от внесения осадков сточных вод обнаружена положительная тенденция, указывающая на увеличение питательных элементов. Особенно это проявилось в вариантах, где осадки были внесены повышенными нормами.

Важнейшие характеристики свойств почв: содержание поглощенных оснований и емкость поглощения. От состава поглощенных оснований в значительной степени зависит плодородие почв. Состав почвенно-поглощающего комплекса определяет реакцию почвенного раствора, характер почвенной структуры и, следовательно, питательный, водный и воздушный режимы почв. При изменении реакции среды возможно внедрение обменного натрия в почвенно-поглощающий комплекс, что может вызвать ухудшение структуры почвы, набухание почвенной массы во влажном состоянии, пониженный воздухообмен, сильное сжатие почвенной

массы в сухом состоянии, твердость и большое сопротивление обработке. Величина рН характеризует ряд свойств и дает возможность найти рациональный подход к повышению плодородия почв. Увеличение содержания в поглощающем комплексе ионов водорода повышает кислотность и вызывает постоянное разрушение структуры почвы, поэтому реакция почвенного раствора является значимым показателем плодородия и степени окультуривания почвы.

Поглотительная способность лугово-черноземной почвы, в которую вносили осадки сточных вод Рубцовска, ниже, чем черноземов выщелоченных, но абсолютные значения довольно высокие. До внесения осадков в слое 0...30 см емкость поглощения составляла 31,6 мг-экв. на 100 г почвы. В составе поглощенных оснований на долю кальция приходилось более 56 %, магния — около 27 %. Осадки, внесенные разными нормами, существенно изменили как емкость поглощения, так и содержание обменных катионов. По результатам изучения емкости поглощения лугово-черноземной почвы доказано, что положительное действие осадков проявляется в течение 3-4 лет в зависимости от нормы внесения.

Влияние осадков сточных вод Барнаула на физико-химические свойства чернозема выщелоченного изучали в течение двух лет. Даже за такой короткий промежуток времени проявились некоторые закономерности.

С внесением осадков сточных вод повышенными нормами увеличился показатель рН, достигнув в слое почвы 0...60 см в варианте 60 т/га 6,3, а в варианте 80 т/га — 6,6 единицы. В этих же вариантах произошло увеличение емкости поглощения. В сравнении с исходным содержанием, до внесения удобрения, в варианте 60 т/га емкость поглощения возросла на 0,5, а в варианте 80 т/га — на 2,3 мг-экв. на 100 г почвы. Во всех остальных вариантах, в том числе и с внесением удобрений, значение этого показателя снизилось. Особенно заметным снижением оказалось в

варианте без удобрений — 2,4 мг-экв. на 100 г почвы.

По содержанию поглощенных оснований прослеживается тенденция уменьшения доли кальция и возрастания доли магния в связи с увеличением нормы внесения осадков. В составе поглощенных оснований не был обнаружен натрий, содержание калия незначительно возросло практически во всех вариантах, кроме варианта 10 т/га.

Особое внимание при почвенной утилизации было уделено тяжелым металлам, наличие которых является лимитирующим фактором для сельскохозяйственного использования осадков сточных вод. Полученные данные по содержанию тяжелых металлов в верхнем слое лугово-черноземной почвы показали, что внесение осадков в объеме 10...80 т/га не загрязняет почву токсичными элементами. Исключением являются цинк и кобальт, которые содержатся в почве в количествах, превышающих фоновые величины.

В процессе изучения накопления тяжелых металлов в черноземной почве при внесении осадков сточных вод Барнаула установлено, что загрязнения почвы ни по валовому содержанию, ни по подвижным формам тяжелых металлов не происходит. В ряде случаев отмечено повышение степени подвижности кадмия, свинца, кобальта, цинка, что требует контроля над содержанием их подвижных форм в течение вегетации в последующие годы.

Основным показателем, определяющим эффективность проводимых мероприятий, является урожайность возделываемых культур. Увеличение урожайности и повышение плодородия почвы — главные факторы, на которые необходимо обращать пристальное внимание при применении осадков сточных вод в качестве удобрения для культур севооборота.

При внесении осадков сточных вод урожайность пшеницы возрастала на 20...43 %, овса — на 32 %, кукурузы — на 35...48 % и рапса — на 30 %.

Установлено положительное влияние таких осадков на качество и



питательную ценность культур. В растениях увеличивалось содержание «сырого» и переваримого протеина, обменной энергии и кормовых единиц, а также других показателей. В зерне пшеницы возросло содержание клейковины.

Внесение в почву осадков сточных вод усиливает интенсивность микробиологических процессов. Это определяется наличием в удобрениях доступных для микроорганизмов ресурсов азота и углерода. Происходит увеличение целлюлозоразрушающей активности почв, усиливается активность ферментов каталаза, инвертаза, уреазы. Внесение осадков сточных вод повысило общее число изучаемых групп микроорганизмов: относительно контроля в вариантах с 20 т/га — на 17 %, 40 т/га — на 27 %, 60 т/га — на 25 %, 80 т/га — на 24 %.

На основании изложенного материала можно сделать обоснованный вы-

вод, что внесение осадков сточных вод оптимальными нормами (40...60 т/га один раз в 3-4 года) является экологически безопасным способом их утилизации и способствует повышению плодородия почвы.

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, органоминеральное удобрение, мелиорант черноземных почв, тяжелые металлы, биологическая активность почвы, лугово-черноземная почва, чернозем выщелоченный, урожайность, почвенная утилизация, экологически безопасный способ.

#### Список литературы

1. Яковлев, С. В. Обработка и утилизация осадков производственных сточных вод [Текст] / С. В. Яковлев, Л. С. Волков, Ю. В. Воронов, В. Л. Волков. — М. : Химия, 1999. — 448 с.
2. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения [Текст] : СанПиН 2.1.7.573-96. — М., 1997. — 55 с.