

<https://doi.org/10.3176/oil.1992.4.02>

### Э. ТУРБАС

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЛАНЦЕВОЙ ЗОЛЫ В КАЧЕСТВЕ ИЗВЕСТКОВОГО УДОБРЕНИЯ В ЭСТОНИИ

### E. TURBAS

## USE OF OIL SHALE ASHES AS A LIME FERTILIZER IN ESTONIA

Впервые многолетние полевые опыты по известкованию почв в Эстонии заложил в 1814 г. помещик фон Сиверс [1, 2]. Тогда в качестве известкового материала была использована рыхлая карбонатная порода местного месторождения.

Первым эстонским ученым, который занялся изучением известкования почв, был профессор Тартуского университета Антон Ныммик (1882—1957). Крестьянин по происхождению, он получил образование агронома в Петербургском университете, участвовал в составлении почвенной карты России. В 1920 г. А. Ныммик был приглашен в Тартуский университет, где занялся организацией учебной работы по почвоведению и агрономической химии на недавно открытом сельскохозяйственном факультете. В 1925—1926 гг., будучи стипендиатом Рокфеллера на стажировке в США, А. Ныммик занимался там проблемами известкования, за что ему была присвоена ученая степень доктора наук [3].

Освоив в Америке огромный по объему материал по проблемам почвенной кислотности и известкованию почв, А. Ныммик впоследствии опубликовал на эстонском языке основательные статьи, в которых объяснил эстонским читателям сущность почвенной реакции, ее агрономическое значение, а также причины ее изменения и различные способы определения [4, 5]. Начиная с 1927 г., на опытной станции Тартуского университета также проводили определения реакции почв Эстонии и полевой опыт по известкованию почвы, однако объем этой работы был небольшим и существенных результатов она не дала [6].

А. Ныммик как представитель русской школы почвоведов всегда был тесно связан с коллегами в России. Ему было хорошо известно о репрессиях против ученых в Советском Союзе, поэтому в 1944 г. А. Ныммик эмигрировал, и потому упоминание в печати его работ стало возможным лишь после начала перестройки в СССР [7].

Научные основы известкования почв Эстонии создал Освальд Халлик (1906—1964). Выпускник Тартуского университета (в 1930 г. по коллоидной химии и в 1939 г. по агрономии), он имел ученую степень магистра химии уже в 1932 г. В 1939 г. О. Халлик начал картировать кислотность полевых почв Валгаского уезда и собрал за два года 1582 почвенных пробы, в которых определил рН и потребность в  $\text{CaCO}_3$ . Выяснилось, что 75,3 % полевых почв Валгаского уезда имеют  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  ниже 5,6 [8]. Тогда же были заложены полевые опыты для выяснения эффективности известкования, но во время войны документация сгорела вместе со зданиями опытной станции университета.

По окончании войны О. Халлик руководил картированием кислотности полевых почв всей Эстонии. Выяснилось, что 40 % всей их площади имеют реакцию  $\text{pH}_{\text{KCl}} < 5,5$  и нуждаются в известковании [9].

Одновременно О. Халлик установил запасы известкового туфа и озерной извести в местных пресноводных отложениях [10] и заложил ряд опытов по известкованию кислых почв.

Мнения о рациональности использования в качестве известкового удобрения сланцевой золы высказывались уже до войны [11—13]. Первый опыт по сравнению влияния сланцевой золы, известкового туфа и озерной извести заложил в 1947 г. тот же О. Халлик. Поскольку сланцевая зола оказалась самым перспективным известковым удобрением в Эстонии, то в дальнейшем главное внимание ученого было уделено именно исследованию различных аспектов ее использования в этом качестве.

Результаты обширной научно-исследовательской работы О. Халлика были опубликованы прежде всего на эстонском языке во многих статьях, а также в нескольких брошюрах и книгах, из которых наиболее крупная вышла из печати уже после смерти автора [14]. Многие его работы опубликованы и на русском языке [15—21 и др.].

В проведенных О. Халликом опытах сланцевая зола часто обеспечивала более высокие прибавки урожая, чем известковый туф или чистый  $\text{CaCO}_3$ . Для выяснения причин этого ученый занялся прежде всего изучением ее химического состава. Оказалось, что зола, полученная при сжигании кускового сланца, содержит в среднем 36—40 %  $\text{CaO}$ , 1,5—3,6 %  $\text{MgO}$ , 1,0—1,4 %  $\text{K}_2\text{O}$ , 2,3—3,2 %  $\text{S}$  и около 0,1 %  $\text{P}_2\text{O}_5$  (все — растворимые в соляной кислоте формы). Именно этих элементов часто не хватает в почве для обеспечения высоких урожаев. В ходе точных вегетационных опытов О. Халлик установил, что сельскохозяйственные культуры хорошо извлекают из сланцевой золы кальций, калий, серу и магний, но плохо усваивают фосфор.

В опытах по известкованию кислых почв урожаи подопытных культур под воздействием сланцевой золы повышались в большей степени, чем под воздействием известкового туфа. Особенно ярко проявилось преимущество сланцевой золы в случае картофеля и свеклы. Картофель хорошо переносит излишнюю почвенную кислотность и слабо реагирует на известкование известковым туфом, которому часто сопутствует большее поражение клубней паршой. При использовании сланцевой золы урожай картофеля обычно увеличивается, повышается содержание крахмала в клубнях и улучшается их внешний вид. Сахарная свекла (равно кормовая и столовая) на известкованных известковым туфом почвах часто страдает от гнили сердечка, тогда как при обработке почвы сланцевой золой этой болезни не наблюдается.

Итак, сланцевая зола оказалась самым эффективным известковым удобрением в Эстонии. Ее преимуществом является и легкодоступность. Пресноводные известковые отложения — озерная известь и известковый туф — часто находятся в грунтовой воде, они насыщены влагой, и их приходится добывать из-под покровного слоя. В случае сланцевой золы отпадает надобность осушать залежи и строить дороги для вывозки известкового материала. Промышленные предприятия, где накапливается сланцевая зола, расположены в легкодоступных для транспорта местах. Кроме того, сланцевая зола выходит из топки совершенно сухой.

В результате научно-исследовательской работы О. Халлика, а также по его личной инициативе началось применение сланцевой золы для известкования кислых почв Эстонии. Вначале эта работа была сильно затруднена из-за хозяйственной слабости колхозов и совхозов, а также по причине отсутствия машин для механизации работ по известкованию. В 50-ых гг. положение с известкованием почв улучшилось, особенно после того, как в конце 1953 г. для вывозки сланце-

вой золы было создано две государственных автоколонны из 30 самосвалов.

Сначала золу получали с местных предприятий, а затем ее начали привозить с крупных промышленных предприятий. При этом расстояния перевозок заметно возросли, и тогда были организованы специальные отряды республиканского объединения «Эстсельхозтехника». Часть перевозок осуществляли по железной дороге. Золу из вагонов выгружали гравитационным способом на специальных разгрузочных эстакадах и перевозили на поле самосвалами. Золу обычно загружали в самосвалы многоковшовым погрузчиком Д-452 и рассеивали на поле переоборудованным навесоразбрасывателем РПТУ-2, прицепленным к трактору «Беларусь».

Изложенное выше — только общая схема. На практике было много трудностей: не хватало машин, технология была недостаточно надежной, часто сгруженная зола долго лежала на краю поля и ее качество снижалось и т. д. Были даже сделаны попытки разбрасывать колосниковую сланцевую золу при помощи взрывов планомерно размещенных по полю куч золы.

В 1959 г. был пущен в ход первый котельный агрегат Прибалтийской ГРЭС. Образующаяся там сланцевая зола была очень тонкой — пылевидной, абсолютно сухой и совсем не содержала камней. Использование ее по технологии применения колосниковой золы оказалось невозможным, и встал вопрос о грануляции пылевидной сланцевой золы.

В феврале 1964 г. на опытном заводе Всесоюзного института цементной промышленности («Гипроцемент») из пылевидной сланцевой золы Прибалтийской ГРЭС была изготовлена пробная партия гранул. Она состояла из 24 отдельных марок гранул. Их эффективность в течение нескольких лет изучали в вегетационных и полевых опытах. Оказалось [22—26], что грануляция резко уменьшала эффективность известкования. В кислой почве гранулы не только не разлагались, но становились еще прочнее — некоторые марки даже в несколько десятков раз. Стало ясно, что пылевидную сланцевую золу следует применять для известкования кислых почв без грануляции, то есть в виде пыли. Высокая степень тонины известкового удобрения оказалась важной предпосылкой для реагирования с почвой и устранения излишней кислотности.

К счастью, в 1964 г. механизаторами Эстонии была разработана и внедрена новая технология известкования почв пылевидной сланцевой золой — вполне современная индустриальная технология с применением емкостей цементовозов и пневматических устройств для перегрузки и посева золы по полю, созданная по примеру подобной немецкой технологии [27—29]. В дальнейшем технологию применения пылевидной золы совершенствовали сотрудники Эстонского НИИ земледелия и мелиорации [30].

Опыты О. Халлика однозначно убедили в превосходстве сланцевой золы над известковым туфом и в пригодности любых видов сланцевой золы для устранения излишней кислотности почв. Однако в 1964 г. в трех хозяйствах под его руководством были заложены новые многолетние полевые опыты — с целью сравнить влияние известкового туфа и сланцевой золы на различных фонах удобрения, а также эффективность четырех видов пылевидных известковых материалов.

В пяти опытах (сравнение влияния известкового туфа и сланцевой золы на четырех фонах удобрения) известкование почвы обеспечивало более высокие прибавки урожая на фоне внесения минеральных удобрений [31—33], тогда как обильное внесение навоза заметно снижало эффективность известкования. Однако сланцевая зола система-

тически обеспечивала более высокий урожай подопытных культур, чем в случае известкового туфа. В случае двух видов сланцевой золы — электрофилтровой и колосниковой — существенных различий не наблюдалось. Средние данные по 26 урожаям таковы: в среднем по всем четырем фонам удобрения прибавка урожая, которую обеспечивает электрофилтровая сланцевая зола, на 43 % больше, чем в случае известкового туфа (средние прибавки соответственно 527 и 369 кормовых единиц с гектара).

В трех опытах (сравнение эффективности четырех видов пылевидных известковых материалов — электрофилтровой, циклонной и камерной сланцевой золы и клинкерной (цементной) пыли — на двух фонах удобрения) высокоэффективными оказались все виды золы, однако самые высокие прибавки урожая дало воздействие клинкерной пыли [31—33]. Ее преимущество особенно сказывалось у картофеля и на фоне без калийного удобрения. Причина в том, что клинкерная пыль является карбонатным материалом с заметным содержанием калия (4—8 %  $K_2O$ ). Были выявлены достоверные различия в степени эффективности отдельных видов золы, причем самую большую прибавку урожая дала электрофилтровая (средняя прибавка по 18 урожаям на фоне NPK-удобрений — 877 кормовых единиц с гектара), а самую низкую (соответственно 705 корм. ед. с га) — камерная зола.

Следует отметить, что все известковые удобрения вносили в опытах в расчете по их нейтрализующей способности — эквивалентно 3 т/га  $CaCO_3$ . Однако у самых мелких фракций пылевидной сланцевой золы наименьшая нейтрализующая способность и наибольшее содержание некоторых необходимых для растений питательных элементов (K, S). Более высокая эффективность электрофилтровой сланцевой золы объясняется тем, что ее вносили в большем количестве, и поэтому с ней в почву попадало больше питательных элементов, чем при внесении камерной или циклонной золы.

Агрохимическая характеристика различных видов пылевидной сланцевой золы и содержание в них питательных элементов, в наибольшей степени необходимых растениям, приведено в нескольких работах [32, 34—36 и др.]. Сера и кальций, содержащиеся в сланцевой золе, хорошо растворимы уже в дистиллированной воде. Магний и калий сланцевой золы плохо растворяются в воде, зато довольно хорошо — в слабом растворе соляной кислоты. Сланцевая зола содержит также некоторое количество нужных растениям микроэлементов, но, как известно, внесение в почву известковых удобрений снижает подвижность в почве и доступность для растений большинства нужных им микроэлементов. Благодаря содержанию питательных элементов пылевидная сланцевая зола в некоторых случаях повышала урожай сельскохозяйственных культур даже на почвах, не нуждающихся в известковании [37, 38], однако поскольку в ней прежде всего очень много щелочных соединений, ее следует применять для устранения излишней кислотности почв. Некоторая доля в золе калия и магния как антагонистов кальция всегда способствует предотвращению одностороннего отрицательного влияния больших количеств кальция, поступающего в почвенный раствор при известковании.

Пылевидной сланцевой золой можно известковать кислые почвы даже зимой, однако при этом следует иметь в виду некоторые моменты [39].

При термической переработке горючего сланца на мощных энерготехнологических установках с твердым теплоносителем (УТТ) сера переходит в сульфидную форму и в этом виде содержится в золе. Такая зола пахнет сероводородом, а при реагировании ее с кислой почвой обильно выделяется сероводород, который ядовит для людей, живот-

ных и растений. В наших вегетационных и полевых опытах известкование почвы сланцевой золой из УТТ непосредственно перед посевом семян снижало прорастание и отрицательно влияло на рост растений в начальный период. Хотя в последующие годы после внесения сланцевая зола из УТТ повышает урожай выращиваемых культур, выделение ядовитого газа непосредственно при известковании и некоторое время после него является серьезным препятствием для использования этой золы в качестве известкового удобрения [40].

В 1970—80-ых гг. на кафедре почвоведения и агрохимии Эстонской сельскохозяйственной академии в научно-исследовательской работе по известкованию почв главное внимание уделялось вопросам, связанным с повторным внесением пылевидной сланцевой золы в кислые почвы [41—43 и др.].

После войны в качестве известкового удобрения в Эстонии использовали известковый туф и озерную известь, но объем известкования был небольшой: так, в 1950 г. — всего 5540 га, 14 900 т известковых удобрений. Уже в начале 1950-ых гг. стала преобладать колосниковая сланцевая зола, и объем известкования возрос: в 1960 г. — 10 789 га, 120 054 т известковых материалов. Применение пылевидных известковых материалов — пылевидной сланцевой золы и клинкерной пыли — началось в 1964 г., а уже в 1966 г. они доминировали: 54 096 га, 387 585 т известковых удобрений, из них 239 764 т пылевидных материалов, 142 015 т колосниковой сланцевой золы и 5806 т известкового туфа и других материалов. Начиная с 1968 г. известковый туф уже не применяют, а начиная с 1972 г. в Эстонии для известкования кислых почв используют только пылевидные материалы — пылевидную сланцевую золу и клинкерную пыль.

Максимум известкования приходится на 70-ые гг. Например, в 1973 г.: 74 710 га, 333,6 тыс. т пылевидной сланцевой золы и 113,4 тыс. т клинкерной пыли. Более того: практически вся клинкерная пыль используется для известкования. Однако пылевидная сланцевая зола образуется в Эстонии в таком большом количестве, что часть ее остается неиспользованной, хотя в соседних государствах ее применение примерно 10 раз больше, чем в самой Эстонии, где ее в значительной мере вводят в состав строительных материалов.

В последние годы объем известкования почв в Эстонии резко снизился. Поскольку в течение нескольких десятилетий известкование проводилось довольно интенсивно, в результате чего агрохимические свойства почв значительно улучшились, можно констатировать, что мелиоративное известкование пахотных почв Эстонии в основном осуществлено. Однако в наших климатических условиях кислотность почв постепенно восстанавливается, поэтому поддерживающее известкование необходимо и в дальнейшем. Ориентировочно можно считать, что на гектар кислых почв требуется до 1 т сланцевой золы в год, но обычно вносят 4—5 т/га через 5—7 лет.

В последнее время обсуждается проблема возможного загрязнения почв тяжелыми металлами или другими вредными элементами, которые могут содержаться в сланцевой золе, так как в течение нескольких десятилетий ее вносили в почву в довольно больших количествах. Недавно были опубликованы подробные данные о содержании в различных фракциях пылевидной сланцевой золы множества химических элементов [44, 45]. Появилась возможность сравнить эти данные со средними данными о содержании этих же элементов в почве планеты в целом, так как сведений о содержании большинства этих элементов в почвах Эстонии нет. Выяснилось, что содержание селена, молибдена, кадмия, свинца, урана и мышьяка в золе выше, чем в почве [46]. Но в наших почвенных условиях молибден, а по всей вероятности, и селен

являются дефицитными микроэлементами и их даже вносят со специальными удобрениями, в количествах в несколько раз больших, чем это имеет место в сланцевой золе. Поэтому вопрос об излишках молибдена и селена в пылевидной золе отпадает. Но вопрос о загрязнении почв и урожаев кадмием, свинцом, ураном и мышьяком при известковании почв сланцевой золой требует детального исследования. Первые анализы не подтвердили накопления опасных элементов в урожае сена под влиянием очень большой дозы (28,8 т/га) пылевидной сланцевой золы [47].

Итак, сланцевую золу используют в Эстонии уже в течение 40 лет, используют как самое эффективное и дешевое известковое удобрение. В особенности для этого подходит пылевидная сланцевая зола: она абсолютно сухая, идеально тонкая, имеет высокую нейтрализующую способность, содержит кроме кальция еще заметное количество калия, серы и магния, а в некоторой степени и другие нужные растениям питательные элементы. Применение пылевидной сланцевой золы в сельском хозяйстве комплексно механизировано.

*E. TURBAS*

#### USE OF OIL SHALE ASHES AS A LIME FERTILIZER IN ESTONIA

##### *Summary*

Considering the data on the chemical composition of shale ash already in the 1920ies the possibility of its application as a lime fertilizer was suggested [11, 12]. However, the first review on the reaction of soils, its changes and methods of determination was published in Estonia later [4, 5].

O. Hallik started to map the acidity of Estonian soils in 1939 [8]. The complete detailed review on the location of Estonian acidic soils was published in 1950 [9, 10]. In 1947, O. Hallik began to investigate the effect of shale ashes as a lime fertilizer. The oil shale ash was found to be a more effective lime fertilizer than meadow and lake limes. In addition to calcium it contains about 2 per cent of sulphur, magnesium and potassium in a form easily obtainable by plants [15—21].

A more extensive application of shale ash as a lime fertilizer began in 1953 when two state motorcades for lime fertilizer transport were formed. So-called rest shale ash (shale ash residue) obtained by combustion of oil shale lumps was used. At first it was obtained from local enterprises (slaughterhouse, dairies, yeast factory etc.), later on the ashes were transported from ash deposits by North Estonian large industrial enterprises to the main area where acidic soils occur — to South-East of Estonia — by rail. For unloading ash trucks, at three railway stations special platforms were built. The ashes were transported to fields by lorries. There were difficulties in mechanization of this work because of the shortage of suitable equipment.

In 1959, the first boiler unit at the large Baltic Thermal Power Plant was put into operation where pulverized oil shale is burned. Pulverized oil shale ashes began to accumulate but it was impossible to use them for liming with the help of the traditional technology because the ashes raise much dust and they flow out of motor vehicles through the cracks. The granulation of these ashes was not satisfactory because these granules became cemented in soil and neutralized soils acidity to some extent only [22—26]. A special technology was worked out for agricultural use. According to this, pulverized oil shale ashes are transported in special cement cisterns while reloading and distribution on fields are carried out pneumatically [27—30]. It turned out to be a very rational technology that has been in use for liming acidic soils in Estonia since 1964 already being the only technology for liming during the last 20 years. The ash of pulverized oil shale is the main lime fertilizer in Estonia, however even more is exported for liming into the neighbouring countries.

All fractions of ashes (bottom ash, cyclone ash, ash from electrostatic precipitator) forming in thermal power stations which burn pulverized oil shale have been effective in field experiments [31—33]. However, the ash formed in an

energotechnological equipment based on the method of solid heat carrier contains sulphide sulphur and therefore is not suitable for liming acidic soils because in this case hydrogen sulphide toxic for living organisms is produced [40].

Pulverized oil shale ash is easily obtainable from thermal power stations being a residue of the production, absolutely dry, ideally fine for using as a lime fertilizer, with great capacity for neutralization, it contains in addition to calcium considerable amounts of potassium, magnesium and sulphur as well as small quantities of other elements needed for plant nutrition [32, 34—36].

Very extensive data about general analysis of pulverized oil shale ash have been published [44, 45] while similar detailed information about other fertilizers and our local soils is lacking. It follows from the comparison of these data with the corresponding ones concerning the soils of the planet Earth given in the literature that pulverized oil shale ash is richer than soils in molybdenum and selenium — microelements often being in deficiency for plants and men — but at the same time somewhat richer in several harmful elements — cadmium, lead, uranium and arsenic — as well [46]. The content and balance of those four biologically very essential elements in our soils needs a more detailed investigation.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Sivers P. R.* Erfahrungen in Anwendung des Lehm-Mergels zum Ackerbau // Livländische Jahrbücher der Landwirtschaft. 1826. Bd. 2, St. 1. S. 59—84.
2. *Sivers P.* Erfahrung in Anwendung des Lehmmergels zum Ackerbau // Ibid. 1843, Bd. 6, H. 2. S. 161—199.
3. *Nõmmik A.* The influence of ground limestone on acid soils and on the availability of nitrogen from several mineral nitrogenous fertilizers // Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli toim. A XV. Tartu, 1929. Lk. 1—54.
4. *Nõmmik, A.* Mulla reaktsioon, selle põhjused ja määramise meetodid // Agronoomia. 1927. Nr. 10/11. Lk. 374—389. NR. 12. Lk. 422—432. 1928. Nr. 2. Lk. 71—86.
5. *Nõmmik, A.* II Mulla hapu reaktsiooni põhjused // Agronoomia. 1928. Lisa.
6. Lühikokkuvõtteid Tartu Riikliku Ülikooli põllumajanduslikkude katsejaamade töötulemusist 1920—1940 / Ärarükk koguteoset «Eesti põllumajandusteadus põllumehe teenistuses». Toimet. J. Ümarik. Tartu, 1946.
7. *Turbas, E., Tarandi, K.* Prof. Anton Nõmmik ja Eesti vooluvete keemilise analüüsi ning maastike geokeemia algus / Kog. «Eesti maastike geokeemia küsimusi». Tallinn, 1988. Lk. 12—28.
8. *Hallik, O.* Mulla lubjasus Valgamaal // Nõukogude Agronoomia. 1941. Nr. 2. Lk. 103—137.
9. *Hallik O.* Põllumuldade lubjasus ja nende lupjamise tähtsus Eesti NSV-s. — Tallinn—Tartu, 1950.
10. *Hallik, O.* Lõuna-Eesti põllumuldade lubjasus ja kohalike magevee-lubisetete tähtsus selle reguleerimisel. — Tartu, 1948.
11. *Liideman, K.* Põlevkivi tuhk // Agronoomia. 1925. Nr. 8. Lk. 343.
12. *Lehtman, J., Liideman, K.* Wäetuse õpetus. — Tallinn, 1927.
13. *Hallik, O.* Lubjapudus mullas ja selle kõrvaldamise võimalusi // Agronoomia. 1939. Nr. 3. Lk. 173—178.
14. *Hallik, O.* Happeliste muldade lupjamine Eesti NSV-s. — Tallinn, 1965.
15. *Халлик О.* Использование сланцевой золы для повышения урожайности кислых почв в Эстонской ССР // Научная сессия по вопросам биологии и сельского хозяйства. Рига, 1951. М., 1953. С. 76—84.
16. *Халлик О.* Сланцевая зола как удобрение // Почвоведение. 1954. № 9. С. 46—51.
17. *Халлик О.* Использование сланцевой золы для известкования кислых почв в Эстонской ССР // Участник Всесоюз. с.-х. выставки по Эст. ССР. — Таллинн, 1955.
18. *Халлик О.* Влияние известкования на плодородие кислых почв в Эстонской ССР // Почвоведение. 1959. № 10. С. 53—58.
19. *Халлик О.* Сланцевая зола как удобрение для кислых почв // Сб. науч. тр. по известкованию дерново-подзолистых почв. Минск, 1960. С. 209—224.

20. Халлик О. Зола горючих сланцев как удобрение // Вестник с.-х. науки. 1962. № 3. С. 77—84.
21. Халлик О. Использование сланцевой золы для повышения урожая // Горючие сланцы / ЭстНИИНТИ. 1962. № 4. С. 40—46.
22. Turbas, E. Kas tolm põlevkivituhk või selle graanulid? // Sotsialistlik Põllumajandus. 1965. Nr. 17. Lk. 773—776.
23. Turbas, E. Veel kord tolm põlevkivituha graanulitest // Ibid. 1966. Nr. 1. Lk. 11—12.
24. Турбас Э. Гранулы из пылевидной сланцевой золы Прибалтийской ГРЭС в качестве известкового удобрения : Резюме // Сб. науч. тр. Эстонской с.-х. академии. № 51. Тарту, 1966. С. 28—38.
25. Хийс В. Эффективность различных видов пылевидной сланцевой золы и клинкерной пыли на кислых почвах : Резюме // Там же. С. 39—55.
26. Турбас Э., Хийс В. Сравнительная эффективность клинкерной пыли, различных видов пылевидной сланцевой золы и приготовленных из них гранул в полевых опытах // Там же. № 73. Тарту, 1971. С. 128—145.
27. Seidel E., Böhl K., Vogel S. Der Einsatz von Zementsilofahrzeugen bei der Kalkdüngung // Deutsche Landwirtschaft. 1963. Jg. 14, H. 1. S. 530—535.
28. Böhl K., Meier B., Zehle E. Die Organisation der Kalkdüngung 1964 im Bezirk Frankfurt (Oder) // Ibid. 1964. Jg. 15, H. 1. S. 12—16.
29. Материалы научно-производственной сессии по механизации известкования кислых почв. 11—13 ноября 1965 г., Тарту. — Тарту, 1965.
30. Якобсон А. Р., Богун Г. А. Известкование кислых почв пылевидными материалами в Эстонской ССР. — М., 1970.
31. Турбас Э. Основные результаты и дальнейшие направления исследований в области известкования кислых почв в Эстонии // Вопросы известкования кислых почв : Мат. координационной конф., посв. 100-летию со дня рождения В. И. Ленина. Вежайчяй, 1969. С. 232—237.
32. Турбас Э., Хийс В. Пылевидные известковые удобрения Эстонской ССР, их эффективность и применение // Сб. науч. тр. Эстонской с.-х. академии. Т. 62. Тарту, 1969. С. 101—115.
33. Турбас Э., Хийс В. Результаты полевых опытов по сравнению эффективности известковых удобрений на различных фонах // Вопросы известкования кислых почв : Мат. координационной конф., посв. 50-летию начала науч. деят. акад. О. К. Кедрова-Зихмана. Горки, 1973. С. 135—138.
34. Турбас Э., Хийс В. Сланцевая зола как известковое удобрение // Тр. координационных совещаний по гидротехнике. Вып. 67. Комплексное использование золы и шлаков тепловых электростанций в народном хозяйстве. Л., 1971. С. 143—145.
35. Turbas, E. Põlevkivituha neutraliseerimisvõime ja kaaliumisisaldus // Sotsialistlik Põllumajandus. 1974. Nr. 19. Lk. 880—881.
36. Turbas, E. Tolmpõlevkivituha keemilisest koostisest // Ibid. 1975. Nr. 11. Lk. 492—495.
37. Turbas, E., Hiis, V. Põlevkivituha ja klinkritolmu efektiivsus lubjarikastel muldadel // Ibid. 1971. Nr. 21. Lk. 973—977.
38. Турбас Э., Хийс В., Кулдкени П. Химический состав и эффективность сланцевой золы и клинкерной пыли как известковых удобрений // Сб. науч. тр. Эстонской с.-х. академии. 69. Тарту, 1979. С. 81—96.
39. Турбас Э. Особенности известкования зимой // Земледелие. 1971. № 1. С. 51—53.
40. Шильников И. А., Сонина К. И., Удалова Л. П. и др. Сланцевая зола с энерготехнологической установки УТТ-500 в качестве известкового удобрения // Агрехимия. 1983, № 7. С. 60—64.
41. Турбас Э. М., Лаук Э. М. Влияние систематического известкования на свойства почв и урожай полевых культур // Известкование в применении минеральных удобрений в интенсивных системах земледелия : Тез. докл. науч. конф., посв. 100-летию со дня рожд. акад. О. К. Кедрова-Зихмана, г. Горки, 22—23 октября 1985 г. Горки, 1985. С. 21—24.
42. Турбас Э. М., Лаук Э. М. Агрономическая эффективность систематического известкования кислых почв в Эстонской ССР (по многолетним опытам) // Бюлл. Всес. НИИ удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова (ВИУА), № 82. Приемы повышения эффективности известкования кислых почв. М., 1987. С. 27—31.



- 43. Lujjamisalase uurimistöö tulemustest ja soovitud muldade korduslujjamiseks / E. Turbas, E. Lauk. Eesti NSV Põllumajandusministeerium. Tln., ENSV PM IJV, 1982. 60 lk.
- 44. Пец Л. И., Ваганов П. А., Кнот И. и др. Микроэлементы в золах сланца-кукерсита Прибалтийской ГРЭС // Горючие сланцы. 1985. Т. 2, № 4. С. 379—390.
- 45. Пец Л. И., Ваганов П. А., Шнир К. Лантаноиды в золах сланца-кукерсита Прибалтийской ГРЭС // Там же. 1986. Т. 3, № 4. С. 419—425.
- 46. Турбас Э. Сланцевая зола повышает урожай и загрязняет природу : Резюме // Природа Эстонии. 1991. № 2. С. 84—87.
- 47. Pests L., Vaganov P., Turbas E. et al. Influence of chalking by dust-like oil-shale ash on meadow grass microelements concentration // Oil Shale. 1991. V. 8, No. 1. P. 60—66.

Представил И. Эпик  
Поступила в редакцию 25.02.92

Эстонская сельскохозяйственная академия  
г. Тарту, Эстония

Estonian Agricultural Academy  
Tartu, Estonia

Presented by I. Epik  
Received 25 February 1992