

<https://doi.org/10.3176/oil.1993.2/3.11>

УДК 665.7.032.57::66.092.041.53

*В. М. ЕФИМОВ, Э. Э. ПИЙК, Р. А. ЛЁЭПЕР,
Ю. П. ЖУРАКОВСКИЙ*

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПЕРЕРАБОТКИ СЛАНЦА-КУКЕРСИТА В ГЕНЕРАТОРАХ

V. YEFIMOV, E. PIJK, R. LÖÖPER, YU. ZHURAKOVSKY

SPECIFIC FEATURES OF TEMPERATURE REGIME AT PROCESSING KUKERSITE IN KIVITER RETORTS

От правильного выбора температуры теплоносителя при переработке сланца в генераторах во многом зависит эффективность процесса полукоксования. По этому вопросу существуют различные точки зрения. Обычно считается, что температуру теплоносителя необходимо поддерживать на сравнительно низком уровне (например, не выше 600–700 °С), который исключает возможность диссоциации карбонатов. Если исходить из общепринятых представлений о термической деструкции твердых топлив и тем более из зарубежного опыта переработки кускового сланца в вертикальных ретортах [1–3], то такое мнение вполне обосновано.

Однако большой опыт переработки в генераторах сланца-кукерсита не подтверждает такой точки зрения. Обобщение и последующий анализ практических результатов эксплуатации генераторов на сланцеперерабатывающих предприятиях с полной определенностью выявил, что с повышением температуры теплоносителя (с 750 до 990 °С) выход смолы возрастает [4]. Кроме того, первая же попытка заменить паровоздушное дутье обратным циркуляционным газом на генераторе с поперечным потоком теплоносителя (ППТ) в марте-апреле 1962 г. при обычной для того времени сравнительно невысокой температуре теплоносителя (700–750 °С, замеряется термопарой в нижней части камеры для приготовления и распределения теплоносителя – в так называемой горячей камере) показала, что процесс полукоксования сланца в агрегате организован неудовлетворительно, так как содержание остаточной смолы в полукоксе достигало 5 % [5].

Основным мероприятием, которое позволило в дальнейшем существенно понизить потери смолы с твердым остатком переработки при работе генераторов на режиме без газификации полукокса, было повышение температуры теплоносителя до уровня 850–950 °С. Правда, о целесообразности этого можно было косвенно судить и по работе генераторов с ППТ на режиме с газификацией полукокса, когда результаты отдельных испытаний показали, что с повышением температуры теплоносителя появляется возможность уменьшить удельный расход водяного пара на дутье (табл. 1). Это можно было объяснить только улучшением условий полукоксования сланца и уменьшением

Таблица 1. Технологические параметры работы генератора с поперечным потоком теплоносителя* на режиме с газификацией полукокса

Table 1. Operating Conditions of a Retort with Cross-Current Heat Carrier Flow* Working in Semicoke Gasification Regime

Показатели	12.—18. V. 60	20.—26. II. 61	14.—20. I. 64	6.—8. II. 64	16.—18. IX. 68
С л а н е ц					
Влага рабочая, %	8,6	8,7	8,7	8,7	8,2
Удельная теплота сгорания Q_6^d , МДж/кг	12,18	12,64	12,64	12,64	12,56
Р е ж и м р а б о т ы					
Пропускная способность по сланцу, т/сут	146	145	182	119	173
Температура, °С:					
паровоздушного дутья	76	72	71	70	62
теплоносителя	809	770	969	943	990
парогазовой смеси в газосливе	240	242	226	231	252
Поступление в газификатор:					
воздуха, м ³ /т	261	248	183	221	222
водяного пара, кг/т	143	104	67	83	46
Расход в топочном устройстве, м ³ /т:					
воздуха	139	171	222	172	218
обратного газа	428	588	469	435	433

* Генератор № 7, подключенный к отдельной конденсационной системе ГТС-5 в ПО "Сланцехим"

* Retort No. 7, connected to the separate condensation system of GGS-5 at Oil Shale Processing Association

вследствие этого содержания летучих продуктов в полукоксе, поступающем в газификатор. Однако в то время на эту особенность технологического режима переработки сланца в генераторах не обратили должного внимания, хотя о целесообразности повышения температуры теплоносителя уже упоминалось в работах [6, 7]. На положительную роль высоких температур при полукоксовании сланца указывалось и в ряде работ теоретического характера, выполненных в лабораторных условиях [8, 9].

В случае переработки в промышленных генераторах сланца-кукерсита эта закономерность тоже вполне объяснима. Дело в том, что удельные затраты теплоты на процесс полукоксования сланца-кукерсита в силу его специфических свойств значительны — примерно в два раза больше, чем, например, в случае сланцев месторождения Грин-ривер в США или Ирати в Бразилии (1000 и 680 кДж/кг соответственно) [10].

Естественно, высокие удельные затраты теплоты на процесс требуют и повышенного расхода теплоносителя, что неизбежно приводит к увеличению гидравлического сопротивления агрегата. Использование же

Таблица 2. Технологические параметры работы генераторов различной конструкции на ГТС-5 ПО "Сланцехим"
Table 2. Operating Conditions of Retorts of Different Design at the Unit GGS-5 of Oil Shale Processing Association

Конструкция генераторов	Пропускная способность по сланцу, т/сут	Расход исходных компонентов теплоносителя		Температура теплоносителя, °С	Содержание смолы в твердом остатке, %	Давление под дутьевой головкой, кПа	Гидравлическое сопротивление, кПа		
		м³/ч	м³/т				генератора*	камеры полукоксования	газификатора или зоны охлаждения*
Генератор с газификацией полуккокса									
"Ленгширогаза"	90	3655	975	700	-	4,9	5,9	1,1	4,7
с ЦВТ	149	5443	879	810	-	4,6	5,2	1,6	3,6
с ППГ**	119	4654	939	943	2,1	1,7	2,7	-	-
с ППГ***	146	6193	1019	809	-	3,9	4,4	0,9	3,5
с ППГ****	182	7254	958	969	2,4	3,6	4,7	-	-
Генератор без газификации полуккокса									
с ППГ**	110	4165	911	729	4,4	1,4	2,6	0,9	1,7
с ППГ***	142	5460	927	743	4,7	2,1	2,8	0,8	2,0
с ППГ****	155	6040	936	695	5,0	2,4	3,0	0,7	2,1
с ППГ*****	171	6950	975	988	1,3	3,1	4,1	1,1	-
с ППГ*****	172	7780	1083	960	0,9	2,2	3,0	1,0	2,0

* Включая дутьевую головку.

** Генератор № 7, подключенный к отдельной конденсационной системе.

*** Во время опыта дутьевая головка была частично забита отложениями.

в данном случае теплоносителя с низкой температурой усугубляет эту тенденцию, поскольку при этом требуется значительное увеличение его объема. По нашим ориентировочным расчетам, снижение температуры, например, с 950 до 600 °С потребует увеличения удельного расхода теплоносителя с 1000 до 1500 м³/т (против 500—600 при полукоксовании гринриверского сланца в газосжигательной реторте). Из-за резко возрастающего при этом гидравлического сопротивления агрегата такой рост удельного расхода теплоносителя на процесс возможен лишь при существенном (в 1,5—2,0 раза) сокращении количества подаваемого на переработку сланца. В противном случае из-за недостатка теплоты для процесса неизбежно ухудшатся условия нагрева слоя в шахте полукоксования и возрастет содержание остаточной смолы в выгружаемом полукоксе [11].

Практика показывает, что при переработке сланца в генераторах в зависимости от конкретных условий на процесс можно подвести лишь определенное количество воздуха и газа. Оно зависит от конструктивного оформления генератора, физико-химических свойств технологического сырья (содержания органической массы, гранулометрического состава, термомеханической прочности, способности сланца битуминизироваться при нагревании), а также от технологического режима переработки сланца (в первую очередь, от наличия процесса газификации полукокса и температурного режима). Последнее хорошо видно из опыта эксплуатации генераторов ГГС-5 в ПО "Сланцехим" (табл. 2).

При переработке сланца в 1000-тонных генераторах часовой расход поступающих на процесс воздуха и газа довольно постоянен и находится на уровне 40—45 тыс. м³/ч. Исходя из этого, нами были определены приведенные ниже ориентировочные показатели интенсивности генераторного процесса, рассчитанные применительно к указанным агрегатам в зависимости от температуры теплоносителя и качества технологического сырья.

	Сланец-кукерсит		Гринриверский сланец
Температура теплоносителя, °С	900	600	550
Удельный расход воздуха и газа на процесс, м ³ /т	1000	1500	600
Пропускная способность агрегата по сланцу, т/сут	1020	670	1700
Напряжение сечения камеры полукоксования по сланцу, кг/(м ² · ч)	2125	1415	3540

Из этих данных видно, что в случае переработки сланца-кукерсита в 1000-тонных генераторах проектная мощность может быть достигнута только при высокой температуре теплоносителя. В случае же, например, гринриверского сланца даже при низкой температуре теплоносителя возможно обеспечить существенный рост пропускной способности агрегата.

Таким образом, успешная переработка сланца-кукерсита в генераторах в силу его специфических свойств возможна, в первую очередь, при высокой температуре теплоносителя (900—1000 °С), что позволяет обеспечить процесс полукоксования сланца необходимой теплотой за счет сравнительно небольшого количества теплоносителя и не ограничивать тем самым пропускную способность генераторов.

Однако высокая температура теплоносителя имеет и ряд других преимуществ, которые способствуют повышению эффективности переработки сланца в генераторах. При высокой температуре теплоносителя интенсифицируется процесс теплообмена и нагрева слоя — благодаря большей разности средних температур газового потока и твердой фазы в камере полукоксования, а также увеличивается скорость теплоносителя в слое — за счет увеличения физического объема газов. При этом улучшается прогрев слоя сланца в камере полукоксования генераторов с ее холодной стороны, о чем свидетельствует заметное уменьшение потерь смолы с выгружаемым полукоксом (табл. 2).

Естественно, что при большей разнице между средними температурами газового потока и твердого материала в камере полукоксования уменьшается удельный расход теплоносителя на процесс, а следовательно, и потери физического тепла с парогазовой смесью на газосливе. Последнее способствует понижению удельных затрат теплоты и, как следствие, снижению удельного расхода воздуха на процесс. Таким образом, при переработке сланца в генераторах повышение температуры теплоносителя способствует повышению выхода смолы за счет как уменьшения потерь смолы с выгружаемым полукоксом, так и снижения удельного расхода воздуха в агрегат [12].

В нашем обследовании генератора № 7 с ППТ на ГГС-5 в ПО "Сланцехим", в ходе которого было осуществлено 213 циклов измерений технологических параметров при пропускной способности по сланцу 160—170 т/сут и работе агрегата на режиме без газификации полукокса, выявилось, что самое большое влияние на перепад давления в камере полукоксования оказывает температура теплоносителя, причем здесь имеет место прямо пропорциональная зависимость.

Такая закономерность вполне естественна, так как при высокой температуре теплоносителя возрастает пропускная способность агрегата и расход теплоносителя на процесс (табл. 2), что нельзя объяснить ничем иным как улучшением прогрева слоя, о чем говорилось выше, и уменьшением вследствие этого его гидравлического сопротивления. При низких температурах теплоносителя из-за более медленного прогрева слоя сланца, в первую очередь на холодной стороне камеры полукоксования (вследствие наибольшего снижения здесь одновременно температуры теплоносителя и его скорости), у холодной решетки возрастает количество недостаточно отшвелованного битуминизированного материала. Он легко забивает холодную решетку, увеличивая тем самым гидравлическое сопротивление камеры полукоксования (за счет как увеличения в самом слое труднопроницаемого для газа битуминизированного материала, так и уменьшения живого сечения холодной решетки) и сокращая межремонтный пробег генераторов.

Таблица 3. Концентрация кислорода в газовом теплоносителе на генераторах с поперечным потоком теплоносителя ПО "Слансехим" в зависимости от температуры в горячей камере агрегата
Table 3. Dependence between Oxygen Concentration in Gaseous Heat Carrier and Temperature in the Hot Chamber of a Retort with Cross Current Heat Carrier Gas

ПГС; номер ге- нератора	Температура, °С		Разре- жение в газо- сליве, Па	Расход воздуха, м³/ч		Объемное содержание в газе, %						Удельная теплота сгорания газа выс- шая, МДж/м³
	в гор- ячей камере	в га- зосли- ве		на дустье	на го- рение газа	CO ₂ + H ₂ S	C _n H _m	O ₂	H ₂	CO	CH ₄	
ПГС-5; № 10	573	219	735	1574	1617	0,0	2,5	1,0	2,4	1,0	74,6	0,88
	700	222	620	1557	2089	0,2	4,4	2,7	4,1	1,8	70,4	1,80
№ 8	770	201	280	2081	1127	0,0	0,0	1,1	5,3	3,1	79,2	2,22
	779	204	550	1702	1283	0,0	3,5	2,0	5,2	3,1	68,5	2,30
ПГС-4; № 7	815	222	-	-	-	0,4	2,2	6,2	2,9	1,8	69,1	2,22
	818	192	550	2131	1387	0,0	1,2	3,0	1,7	1,2	74,3	1,13
ПГС-5; № 4	820	204	-	-	-	1,5	1,4	5,7	4,1	2,4	69,0	3,39
	831	185	430	1919	1893	0,0	5,2	0,7	4,1	2,0	71,2	1,51
ПГС-3; № 17	850	220	-	-	-	0,0	0,8	1,4	5,5	1,3	73,6	1,42
	870	197	-	-	-	0,8	2,1	5,1	3,3	2,2	70,0	2,59
ПГС-4; № 7	875	180	-	-	-	0,7	0,3	5,8	2,5	1,9	69,0	2,39
	875	180	-	-	-	0,0	0,0	1,4	3,1	3,0	72,6	1,92
ПГС-5; № 12	900	233	550	1042	1122	0,0	19,9	0,0	18,3	0,1	74,8	1,34
	910	202	-	-	-	0,0	0,2	2,7	5,4	0,5	71,0	1,21
ПГС-3; № 17	945	216	460	1854	1669	0,0	0,1	1,0	3,0	0,9	73,0	0,88
	978	183	760	1823	1177	0,0	0,4	2,8	3,6	1,1	74,4	1,26
ПГС-3; № 18	980	222	-	-	-	0,0	17,7	0,0	20,8	0,0	71,6	1,00
	998	148	830	1733	1640	0,0	1,8	1,8	3,1	0,9	71,6	1,00

Поэтому не случайно то, что при температурах теплоносителя 700—750 °С чаще всего приходилось останавливать генераторы на чистку из-за резкого возрастания гидравлического сопротивления камеры полукоксования. В случае неудовлетворительной работы генераторов и повышенных вследствие этого потерь смолы с выгружаемым полукоксом целесообразно для исправления положения повышать в первую очередь температуру теплоносителя, а не парогазовой смеси на газосливе, или же увеличивать удельный расход воздуха на процесс, как это чаще всего и делается на практике.

При невысокой температуре теплоносителя благодаря увеличению скорости нагрева сланца в камере полукоксования ускоряется и его прохождение через стадию битуминизации. Это способствует повышению пропускной способности генератора по сланцу и выхода смолы [9, 13]. Одновременно уменьшаются и негативные последствия битуминизации сланца в агрегате.

Очень важно то, что при повышении температуры теплоносителя и — как следствие — снижении удельного расхода теплоносителя и гидравлического сопротивления камеры полукоксования создаются благоприятные условия для увеличения расхода поступающего в зону охлаждения обратного газа. Это способствует снижению степени диссоциации карбонатов минеральной части сланца и более полному использованию физического тепла полукокса. В конечном счете в этом случае должны понижаться удельные затраты теплоты, а следовательно, и воздуха на процесс.

При высокой температуре теплоносителя стабильнее работают циклонные топки и горелочные устройства. Тем самым обеспечивается более полное использование кислорода воздуха при сжигании газа, чем в случае низкой температуры. В результате уменьшается содержание остаточного кислорода в газовом теплоносителе, поступающем в камеру полукоксования. Такая тенденция прослеживается по данным (систематизированным по мере возрастания температур) обследования генераторов, из горячей камеры которых в апреле-мае 1983 г. отбирались разовые пробы газа для анализа (табл. 3).

Против повышения температуры теплоносителя обычно возражают по той причине, что оно якобы приведет к увеличению степени диссоциации карбонатов и повышению глубины вторичных пиролитических превращений летучих продуктов в камере полукоксования генераторов. Однако здесь следует иметь в виду, что при увеличении температуры теплоносителя, что должно способствовать более глубокой диссоциации карбонатов, одновременно действуют и другие факторы, противодействующие ей, такие, например, как:

- повышение пропускной способности генераторов по сланцу;
- увеличение удельного расхода обратного газа, поступающего в зону охлаждения.

Таким образом, повышая температуру теплоносителя при переработке сланца в генераторах, можно не только избежать углубления разложения карбонатов, но и, как это ни парадоксально на первый взгляд, даже его затормозить. То же самое следует сказать и о глубине пиролиза летучих продуктов в камере полукоксования генераторов: если высокие

температуры теплоносителя способствуют повышению степени пиролиза летучих продуктов, то сопутствующее повышенным температурам увеличение пропускной способности генераторов по сланцу, наоборот, оказывает обратное воздействие на указанный процесс. В данном случае, как показывает практика, глубокого пиролиза летучих продуктов не происходит [12].

Заклучение

При полукоксовании сланца-кукерсита в генераторах в силу специфических свойств технологического сырья подвод теплоты для процесса целесообразно осуществлять при высокой температуре теплоносителя — 900—1000 °С. Это создает благоприятные условия для нормальной эксплуатации агрегатов и обеспечивает возможность повысить выход смолы за счет того что:

- увеличивается скорость нагрева слоя в камере полукоксования;
- сокращаются потери смолы с выгружаемым полукоксом;
- уменьшается остаточное количество кислорода в газовом теплоносителе — вследствие того, что уменьшается удельный расход воздуха на процесс и более полно используется кислород при сжигании газа в топочных устройствах;
- появляется возможность увеличить удельный расход поступающего в зону охлаждения обратного газа, что также направлено на снижение удельного расхода воздуха на процесс.

При этом более высокие температуры теплоносителя способствуют увеличению пропускной способности генераторов, ускорению прохождения сланца через стадию битуминизации и продлению их межремонтного пробега. Не исключено, что высокие температуры теплоносителя предпочтительнее и в случае сланцев некоторых других месторождений, для полукоксования которых потребуются сравнительно большие удельные затраты теплоты на процесс (из-за высокого содержания влаги или карбонатов).

Таким образом, говоря о значительном улучшении технико-экономических показателей работы генераторов по мере их реконструкции на сланцеперерабатывающих предприятиях, необходимо иметь в виду, что оно было обусловлено не только существенным изменением конструктивного оформления самих агрегатов, направленным на улучшение равномерности распределения теплоносителя в шахте полукоксования, но и повышением температуры теплоносителя.

V. YEFIMOV, **E. PIIK**, R. LÖÖPER, YU. ZHURAKOVSKY

SPECIFIC FEATURES OF TEMPERATURE REGIME AT PROCESSING KUKERSITE IN KIVITER RETORTS

Summary

The summing up of practical results obtained about processing oil shale in shaft retorts at oil shale processing plants and their subsequent analysis have shown that the oil yield increases in accordance with the rise of the heat carrier temperature (within the range of 750—990 °C). First test runs carried out in 1962 in retorts with cross-current flow of heat carrier (its temperature being relatively low - 700—750 °C, generally used this time) have shown that oil shale retorting process was not complete because the oil content in spent shale was as high as 5 %. Increase in heat carrier temperature to 850—950 °C was the main step that enabled to reduce oil losses with spent shale in retorts without semicoke gasification.

The favourable influence of higher temperatures of the heat carrier on retorting process is easy to explain. Due to special characteristics of kukersite, specific heat consumption of the process is relatively high, about twice exceeding that for many other oil shales (for example, this value being 1,000 and 680 kJ/kg for the Green River, USA, and Irati, Brasilia, oil shales, respectively).

High specific consumption of heat for this process leads to elevated consumption of heat carrier in general, the latter inevitably resulting in increasing of hydraulic resistance in the retort. The low temperature of heat carrier could not be the solution because in this case its amount ought to be increased. According to our approximate calculations the decrease of heat carrier temperature from 950 to 600 °C causes the increase in its specific consumption from 1,000 to 1,500 m³/t (this value being only 500—600 m³/t when the oil shale from Green River is retorted in the gas combustion retort). As the hydraulic resistance of the retort will rise drastically, such an increase of heat carrier consumption could be reached only by considerable (1.5—2.5-fold) reduction of feed shale amounts. Otherwise the deficiency of heat needed for processing inevitably results in impaired heating conditions of oil shale bed in the retorting chamber and higher amounts of residual oil in spent shale.

Therefore, at retorting oil shale first of all the high temperature of heat carrier (900—1000 °C) enables a successful processing at relatively small quantity of heat carrier while the oil shale throughput rate is not limited. High temperature of heat carrier has a number of other advantages, too, which rise the efficiency of oil shale processing. Reduced level of oil shale bituminization, increased oil shale throughput rate, extended times between overhauls, and increased yields of shale oil — favourable conditions for this process will be created owing to:

- increased rate of heating oil shale bed in the retorting chamber;
- reduced losses of shale oil with discharged spent shale (see Tables 1 and 2);
- reduced residual content of oxygen in gaseous heat carrier due to reduction of specific air consumption in the process and more complete utilizing oxygen at combustion in furnaces (see Table 3);
- possibility to increase specific consumption of recycle gas introduced into the cooling zone which enables to decrease specific air consumption.

High temperature of heat carrier seems to be also desirable at processing oil shales of some other deposits which demand relatively high specific heat consumption (due to high humidity or high content of carbonates).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 3318798 США, МКИ С 10 В 53/06. Retorting of oil shale.
2. Пат. 3887453 США, МКИ С 10 В 53/06. Process for obtaining oil, gas and byproducts from pyrobituminous shale or other solid materials impregnated with hydrocarbons.
3. Lin Y. H. Oil shale retorting technology in Maoming // Proc. of Intern. Conf. on Oil Shale and Shale Oil: In conjunction with Colorado School of Mines 21st Oil Shale Symp., May 16—19, 1988. Beijing (China), 1988. P. 415—423.
4. О влиянии различных факторов на физико-химические свойства сланцевых смол / В. М. Ефимов, С. К. Дойлов, М. О. Соо, Д. Х. Вахер // Процессы переработки и продукты термического разложения горючих сланцев: Тр. НИИСланцев, 1975. Вып. 20. С. 107—121.
5. К исследованию особенностей полукоксования сланца в газогенераторах с поперечным потоком теплоносителя / В. М. Ефимов, И. Х. Роокс, Э. Э. Пийк, С. К. Дойлов, Х. Э. Раад // Там же. С. 40—58.
6. Губергриц М. Я. Теплообмен в шахте полукоксования сланцевого генератора // Вопросы техники и экономики промышленного полукоксования горючих сланцев: Сб. ст. / СХЗ "Кивийли". 1957. С. 196—210.
7. Эпштейн С. Л. К тепловой характеристике шахтного сланцевого генератора комбината "Кивийли" // Вопросы техники и экономики промышленного полукоксования горючих сланцев: Сб. ст. / СХЗ "Кивийли". 1959. С. 150—175.
8. Хисин Я. И. Термическое разложение горючих сланцев. - М.-Л., 1948. С. 83.
9. Аарна А. Я., Липпмаа Э. Т. Термическое разложение сланца-кукерсита // Сб. ст. по химии и технологии горючего сланца: Тр. / Таллин. политех. ин-т. 1958. № 97. С. 3—38.
10. Ефимов В. М., Кундель Х. А. Технологические свойства горючих сланцев месторождения Грин Ривер и Ирати // Горючие сланцы. 1989. Т. 6. № 1. С. 37—43.
11. Водорастворимая сульфидная сера в полукоксе переработки кукерсита в 1000-тонном генераторе / В. М. Ефимов, Р. А. Лёэпер, Х. А. Кундель, Ю. П. Жураковский // Там же. № 4. С. 391—402.
12. Ефимов В. М., Кундель Х. А., Дойлов С. К. Влияние вторичных пиролитических процессов на выход и свойства продуктов термической деструкции горючего сланца // Там же. Т. 7. № 3—4. С. 275—285.
13. Вайнштейн Я. И. О пластическом состоянии сланца Прибалтийского месторождения при его термическом разложении // Химия и технология горючих сланцев и продуктов их переработки: Тр. / ВНИИПС. 1955. Вып. 3. С. 27—43.

Научно-исследовательский
институт сланцев,
ПО "Сланцехим"
г. Кохтла-Ярве, Эстония

Поступила в редакцию
29.05.1991

Oil Shale Research Institute
Kohila-Järve, Estonia

Received May, 29, 1991