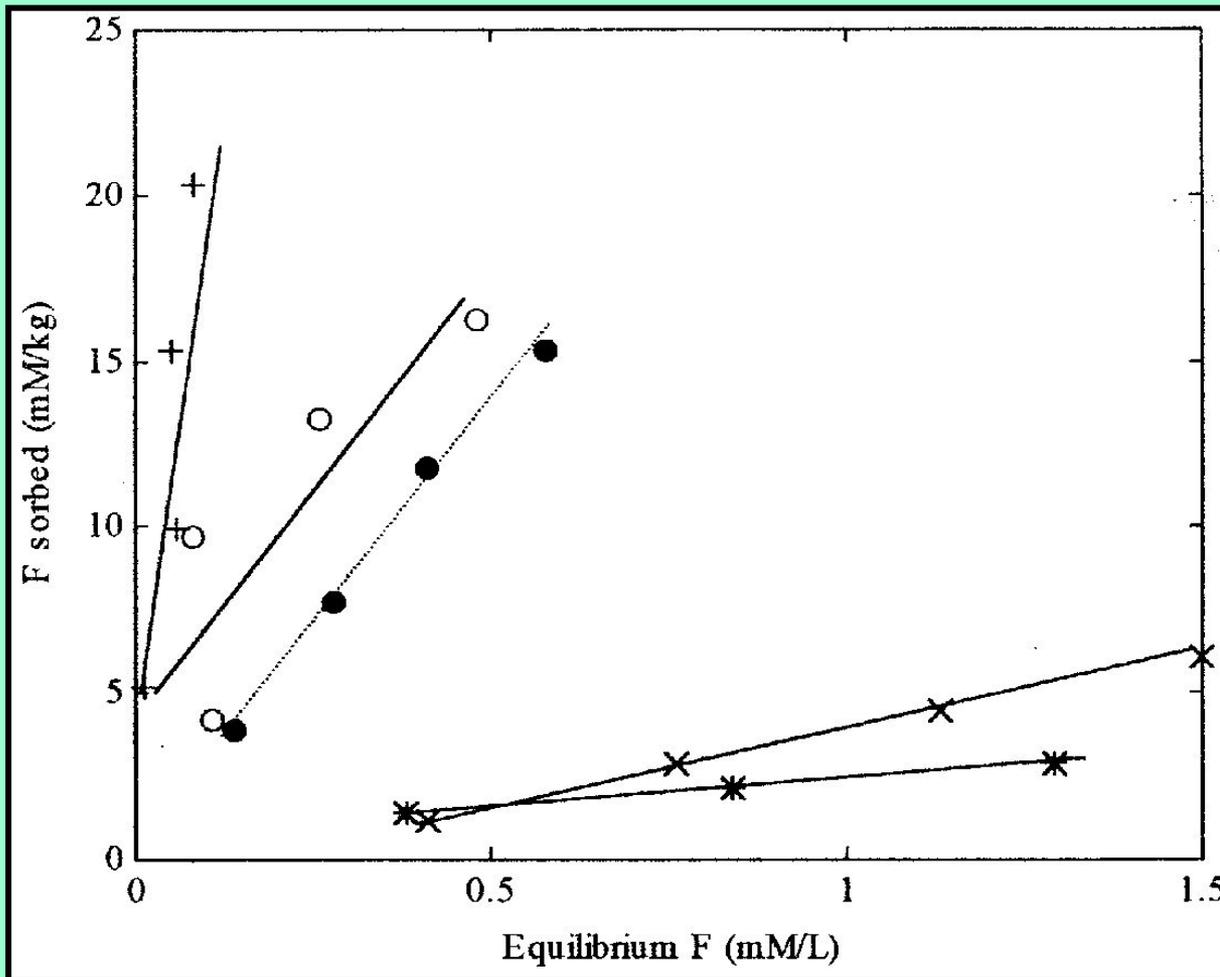
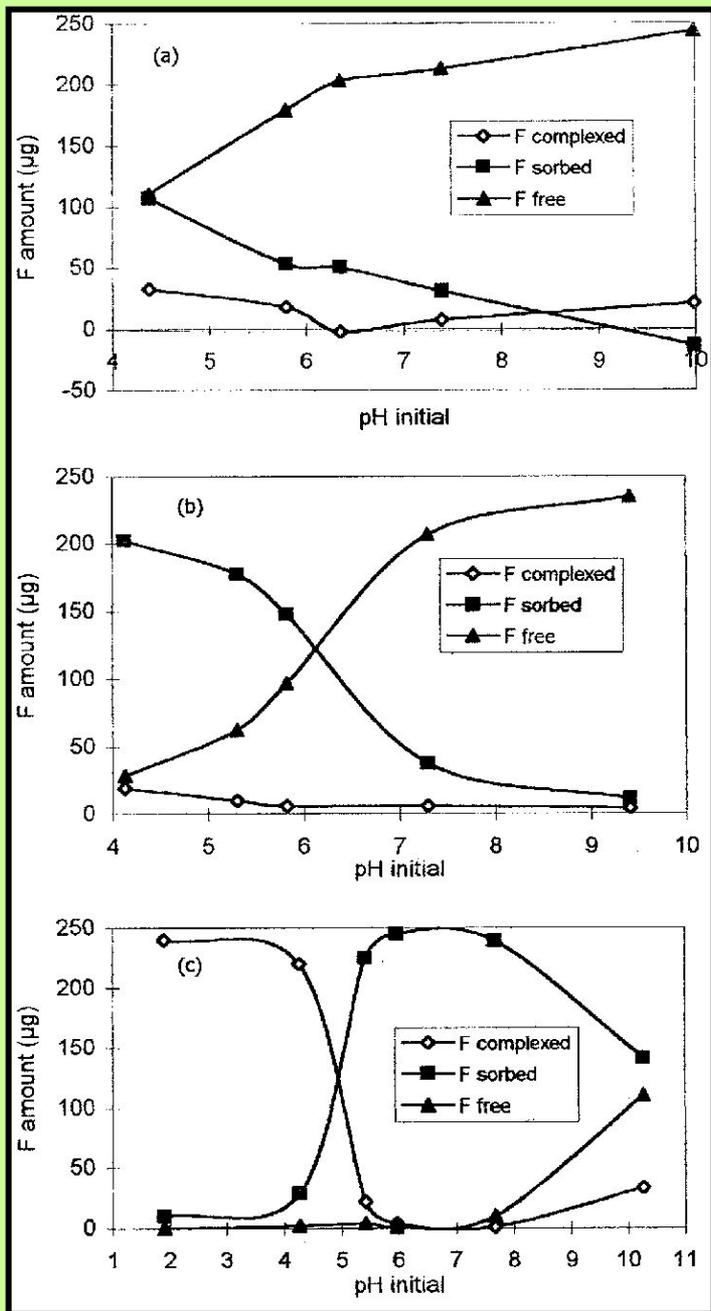


Рис. 4.1. Изотермы адсорбции фтора исходным монтмориллоном при pH 4(●), и предварительно обработанным кислотой монтмориллоном, нейтрализованным до разных значений pH: 4(+), 6(○), 7(x), 10(ж) (составлено по Agarwal et al., 2002)



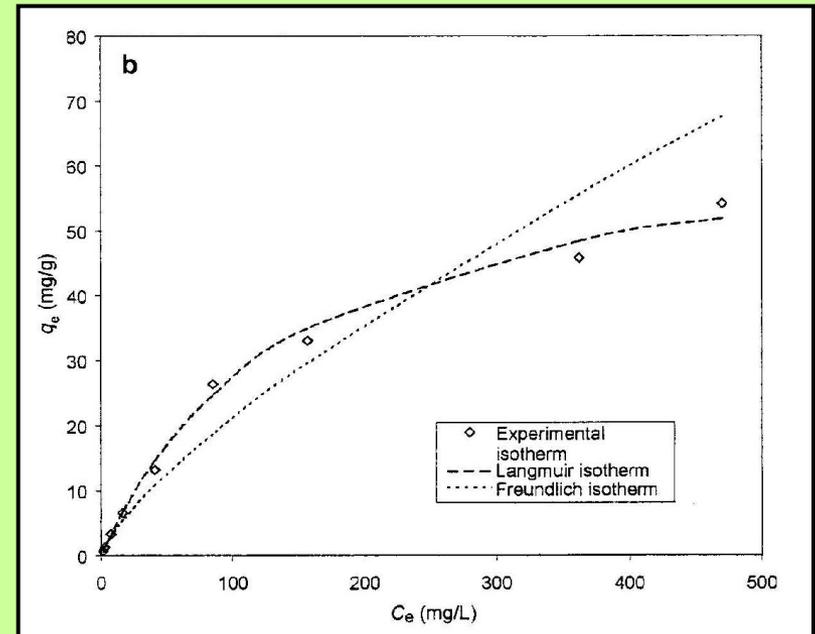
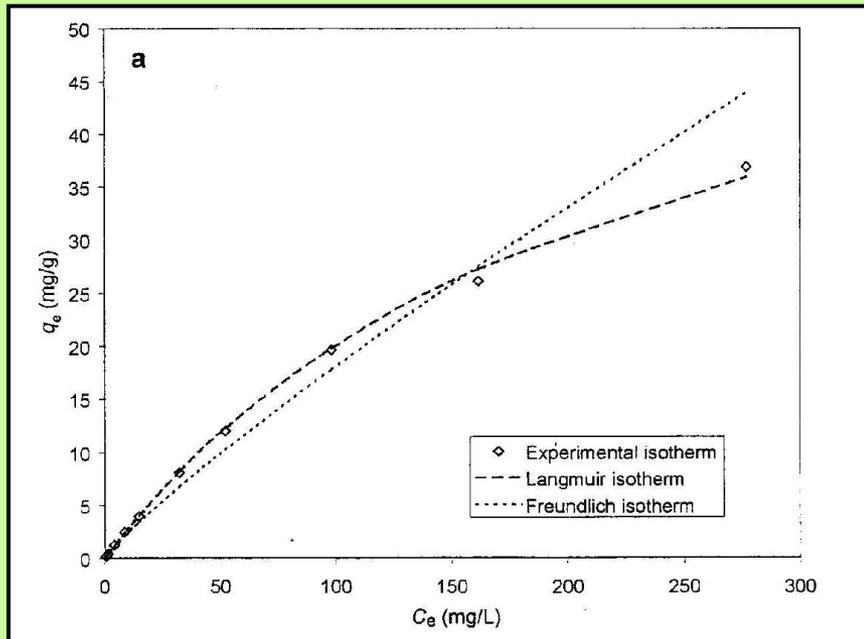
ПДК по фтору  
в питьевой  
воде 1,5 мг/л



**Рис. 4.2. Зависимость от pH количества адсорбированного F, F в составе комплексов и свободного F- в растворе при разных значениях pH в системе с каолинитом (a), монтмориллонитом (b) и монтмориллонитом, предварительно обработанным кислотой (c) (составлено по Agarwal et al., 2002)**

# Изотермы адсорбции фтора на грунте из раствора NaF (a) и из сточных вод (b) (Hamdi, Srasra, 2008)

Максимальная адсорбция – 60 мг F на 1 г грунта



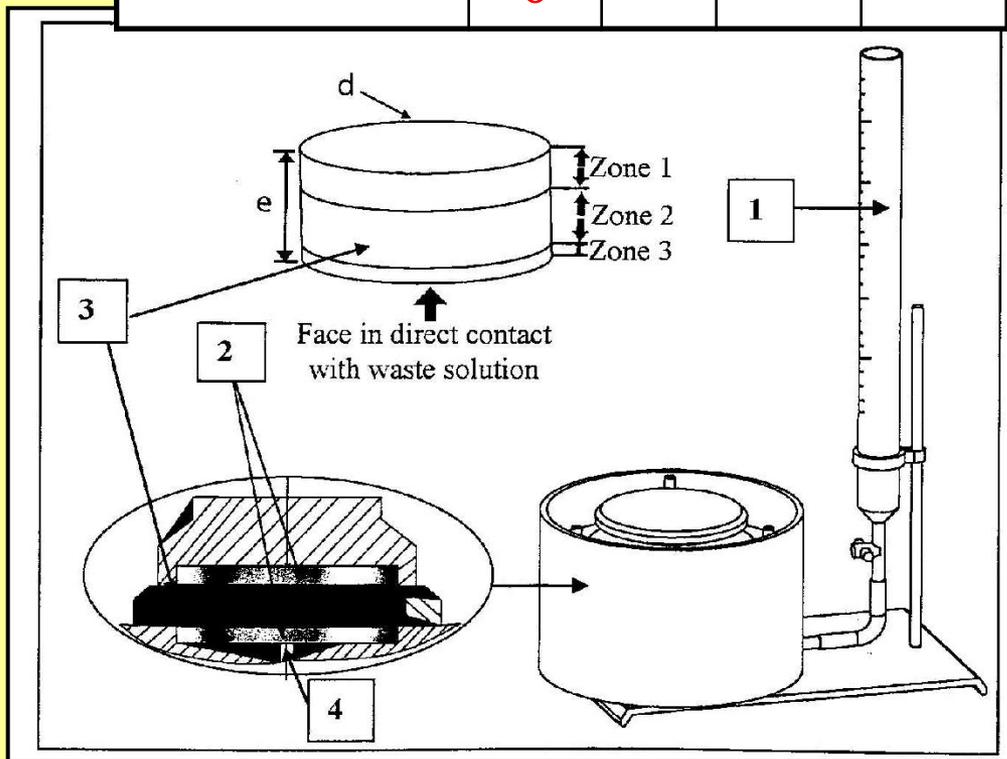
**Табл. 4.2. Содержание ионов в растворе  
(составлено по Hamdi, Srasra, 2008)**

Ионы	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
Концентрация, мг/л	236 0	88 0	150 0	283 6	85 0

Сх

рН был взят в одном из районов Туниса, где

планируется создать хранилище токсичных отходов, и состав раствора соответствовал составу жидкой фазы этих отходов (рН 2,7).

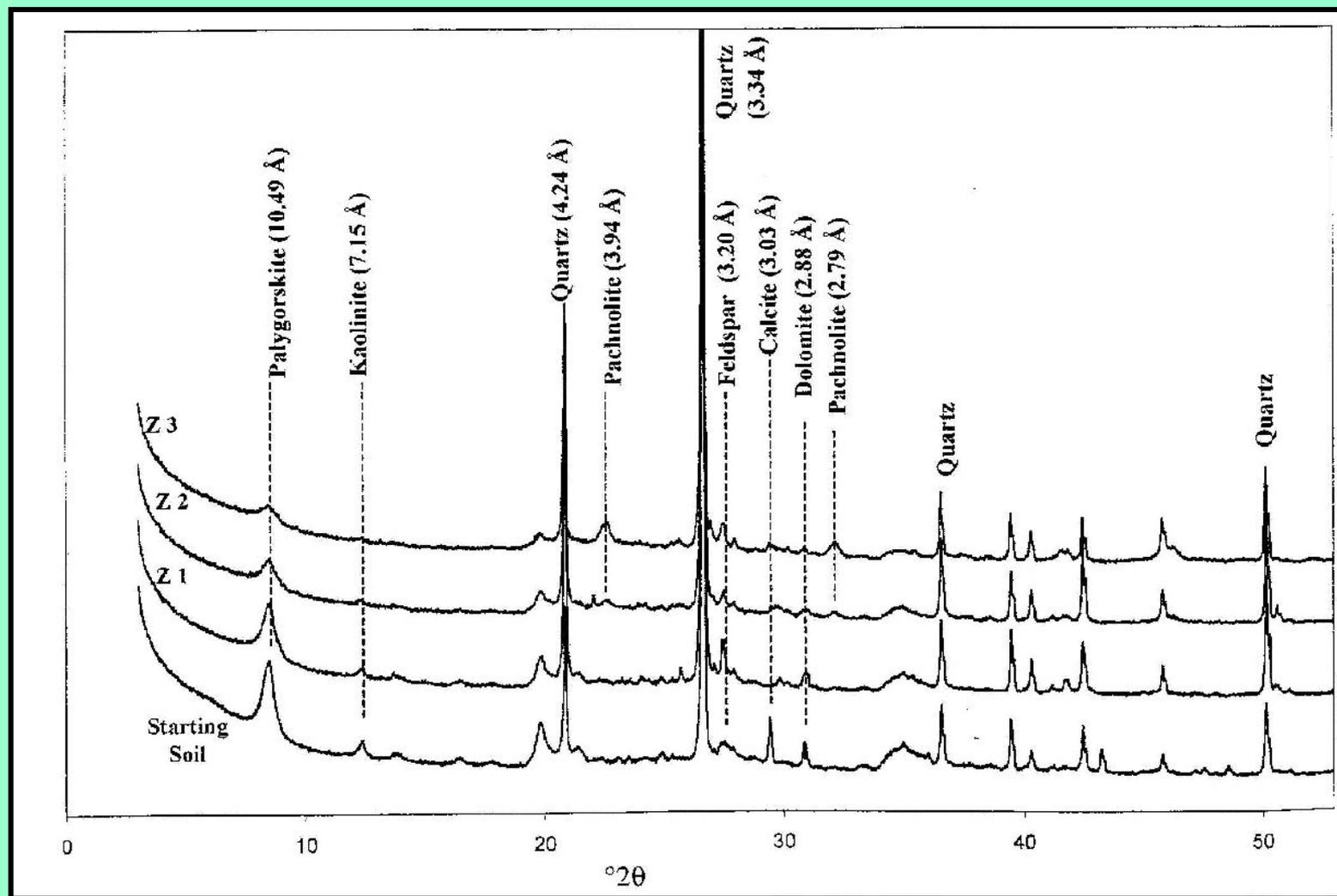


- 1- градуированная бюретка
- 2 – пористый диск
- 3 – почвенный образец
- 4 – входное отверстие для раствора

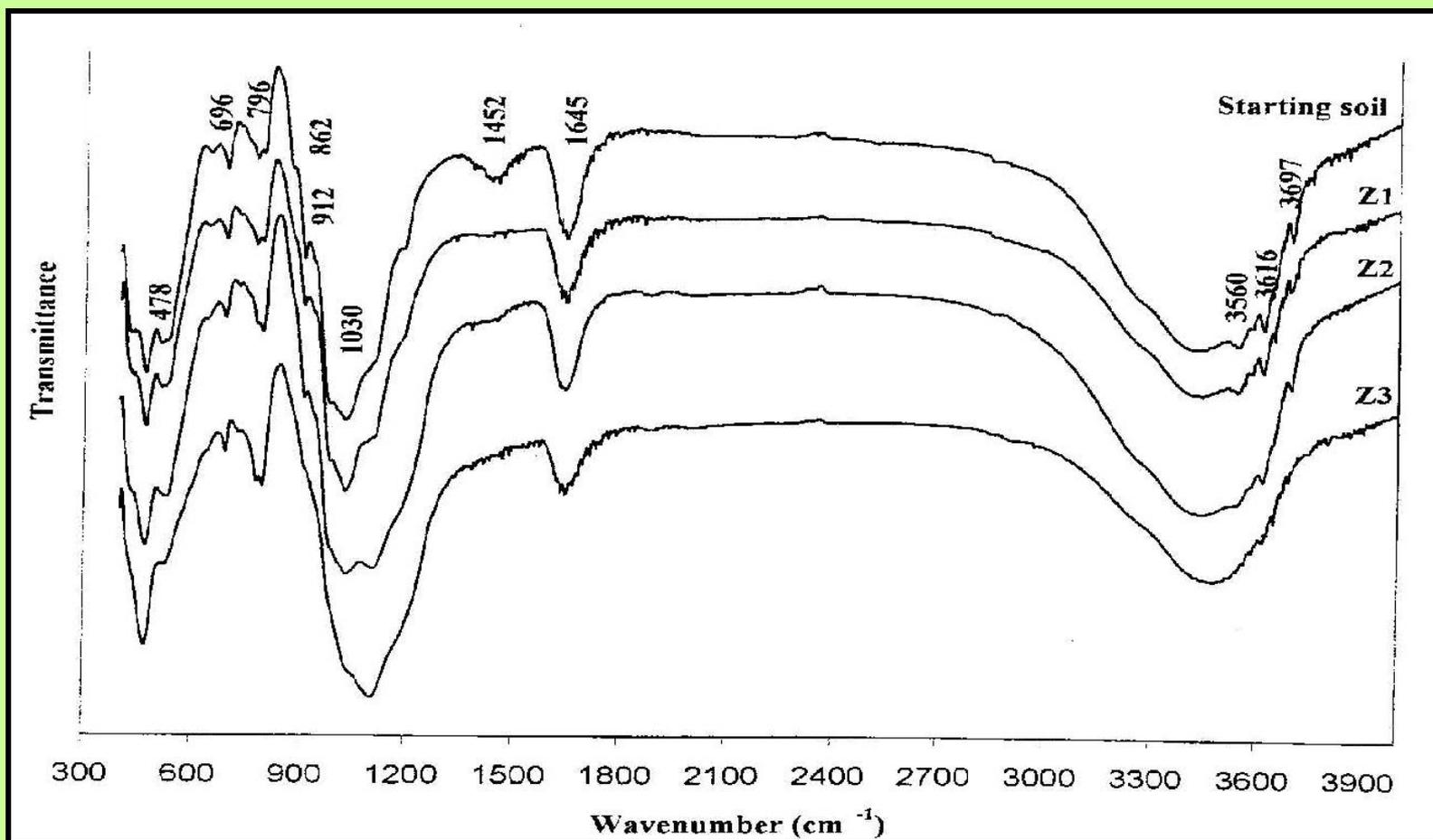
**Табл. 4.2. Валовой химический состав грунта в исходном состоянии и после взаимодействия с раствором (составлено по Hamdi, Srasra, 2008)**

<b>Образец</b>	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{K}_2\text{O}$	F	$\text{P}_2\text{O}_5$
<b>Исходный</b>	64,5	8,77	4,78	2,78	0,73	3,61	1,74	0,02	0,07
<b>Зона 1</b>	73,8	6,93	3,19	1,90	1,42	1,89	1,40	0,42	0,18
<b>Зона 2</b>	68,6	6,59	2,87	1,60	1,89	3,52	1,60	1,87	0,74
<b>Зона 3</b>	62,4	6,33	2,55	0,89	6,12	5,22	1,72	2,63	1,28

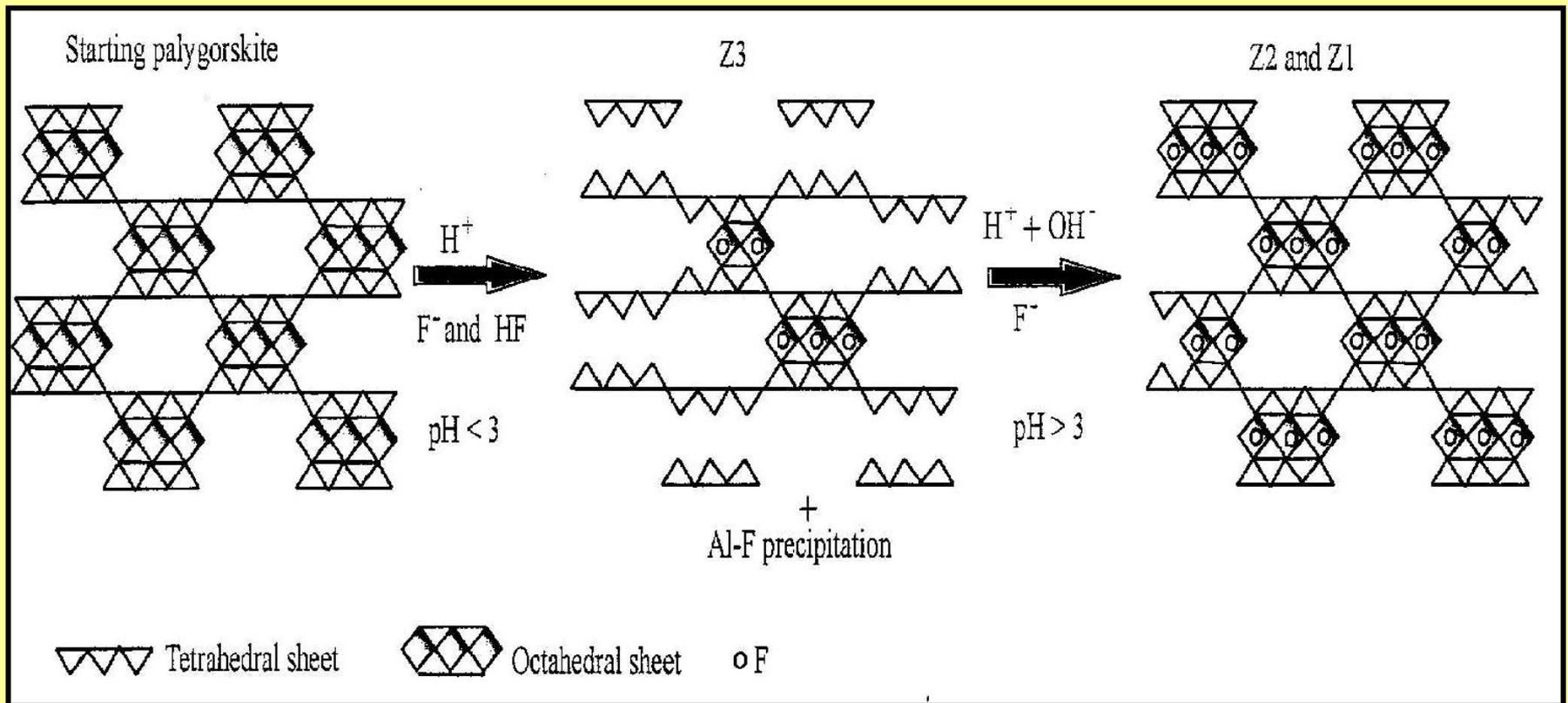
**Рис. 4.3. Рентгенограммы грунта в исходном состоянии и после взаимодействия с раствором в зонах 1, 2 и 3 (составлено по Hamdi, Srasra, 2008)**



**Рис. 4.4. ИК-спектры грунта в исходном состоянии и после взаимодействия с раствором в зонах 1, 2 и 3 (составлено по Hamdi, Srasra, 2008)**



**Рис. 4.4. Схема растворения палыгоскита в зонах 3 и 2 и 1 (составлено по Hamdi, Srasra, 2008)**



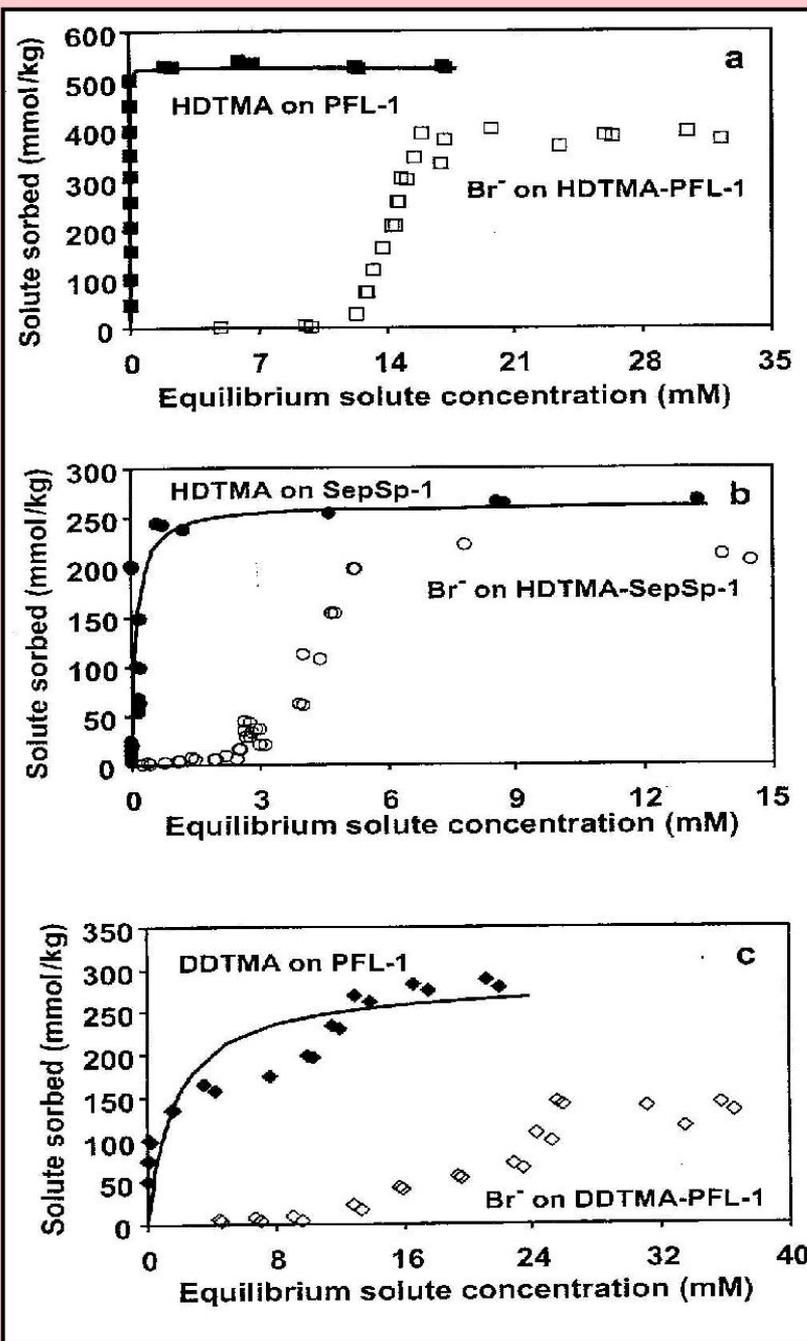
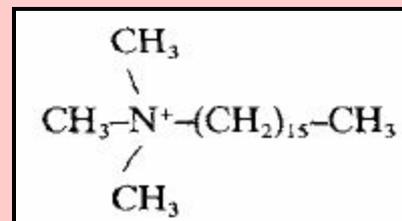
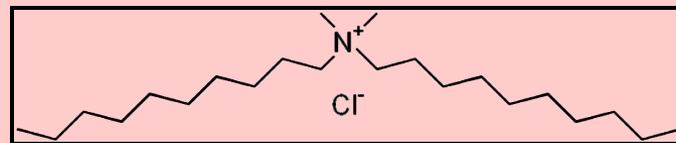


Рис. 4.5. Изотермы адсорбции HDTMA<sup>+</sup> и Br<sup>-</sup> на палыгорските (a) и на сепиолите (b) и изотерма адсорбции DDTMA<sup>+</sup> и Br<sup>-</sup> на палыгорските (c) (составлено по Li et al., 2003)

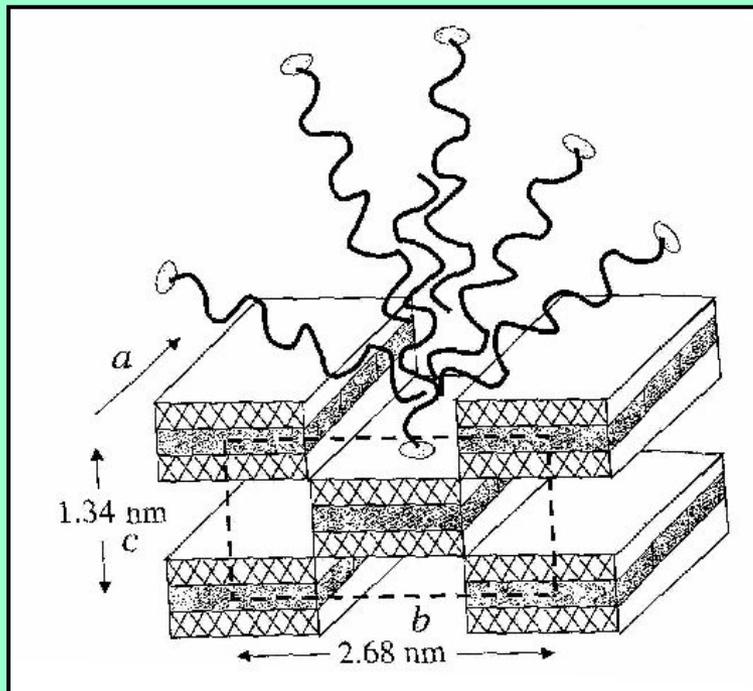


Гексадецил-  
триметил-  
аммоний



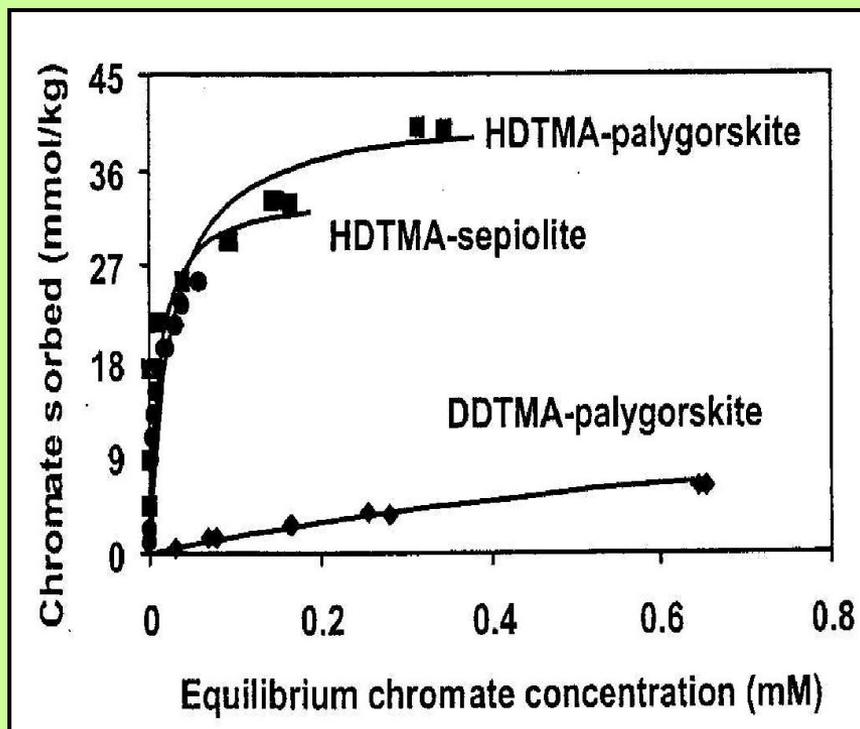
Додецилтриметиламмоний  
-хлорид C<sub>22</sub>H<sub>48</sub>NCl

## Рис. 4.6. Схематическое изображение структуры палыгорскита, модифицированного HDTMA-Br (составлено по Li et al., 2003)



Расчет объемов и площадей, которые занимают молекулы модификатора, позволили предложить схему строения модифицированных минералов. На поверхности и в каналах внутри структуры происходит образование «древовидных» групп молекул, объединенных в мицеллы гидрофобными взаимодействиями. При этом молекулы этих мицелл частично ориентированы таким образом, что снаружи оказывается их анионная часть, т.е. Br. Это обстоятельство оказывает приводит к способности модифицированных палыгорскита и сепиолита к сорбции анионов.

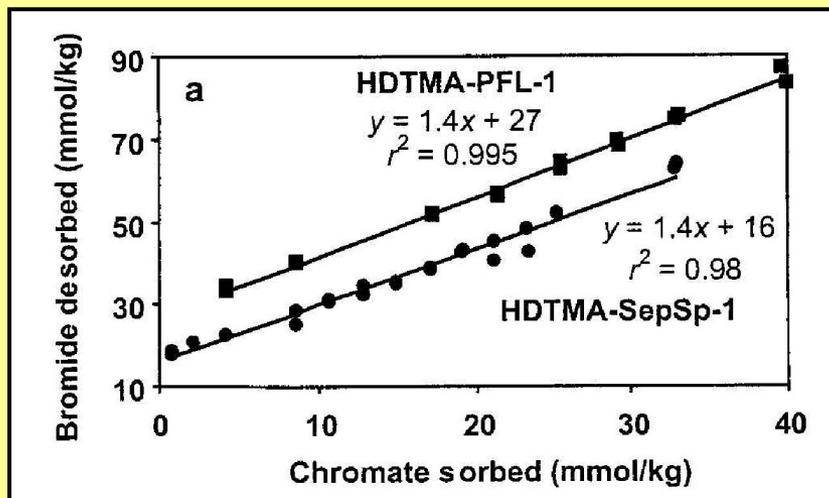
**Рис. 4.7. Изотермы адсорбции хромат-аниона на модифицированных палыгорските и сепиолите (составлено по Li et al., 2003)**



Модифицированные минералы характеризуются высокой способностью к поглощению хромат-аниона, и изотермы адсорбции удовлетворительно аппроксимируются уравнением Ленгмюра.

Рассчитанные по уравнению значения максимальной адсорбции для HDTMA-модифицированных палыгорскита и сепиолита составляют **42 и 34 ммоль/кг** соответственно, а для DDTMA-модифицированного палыгорскита – **17 ммоль/кг**.

**Рис. 4.8. Зависимость между количеством поглощенного хромата и десорбированного брома (составлено по Li et al., 2003)**



Наблюдается прямая линейная зависимость между количеством адсорбированного  $\text{CrO}_4^{2-}$  и десорбированного  $\text{Br}^-$ . Адсорбция хромата осуществляется путем анионного обмена на  $\text{Br}^-$ , входящий в состав молекул модификатора, ориентированных таким образом, что снаружи оказывается  $\text{Br}^-$ . Тангенс угла наклона равен 1,4, а не 2, как можно было бы ожидать при обмене одного моля  $\text{Br}^-$  на 1 моль  $\text{CrO}_4^{2-}$ . Наклон не равен также 1, как следовало бы ожидать при обмене  $\text{Br}^-$  на  $\text{HCrO}_4^-$  из-за присутствия в растворе и в поглощенном состоянии не только ионов  $\text{CrO}_4^{2-}$  но и ионов  $\text{HCrO}_4^-$ .

# Содержание нитратов и обменного аммония в почвенно-грунтовой толще одного из районов Дании (составлено по Ernstsen 1996)

