

## I. Геолого-разведочное дело

### **Радиоактивность диктионемовых сланцев**

Доц. С. М. Глебов

Radioactivity of dictyonemous shales

Doz. S. M. Glebov

#### **Введение**

В 1937 г. по поручению северо-западного отделения Союзразведки нами были проведены геолого-радиометрические поисковые работы по изучению характера радиоактивности осадочных отложений — диктионемовых сланцев. Выхода этих пород при геологическом картировании предыдущими исследователями были отмечены в различных точках северо-западной части Ленинградской области. Результаты исследований и обработки собранных во время полевых работ материалов в сжатой форме и излагаются нами в настоящей статье.

Следует отметить, что выявление новых видов горнорудного сырья, несущего радиоактивное вещество определенной концентрации, представляет весьма интересную в научном и важную в практическом отношении задачу.

По данным региональной геологической съемки выхода диктионемовых сланцев констатированы в нескольких точках, из которых главнейшими являются:

- 1) окрестности рр. Поповки и Славянки — Слуцкого района,
- 2) окрестности Шунгорово — Красносельского района,
- 3) окрестности р. Копорки — Ораниенбаумского района,
- 4) окрестности р. Ламошки — того же района,
- 5) окрестности р. Лопухинки того же района,
- 6) вблизи ст. Серебрянки (за гор. Лугой),
- 7) вблизи ст. Колчаново на р. Сяси, а также еще в нескольких точках (Ковелакта и др.).

Геолого-радиометрические работы были проведены только на основных участках с выходами сланцев (1—4) вследствие новизны дела и малого объема работ.

#### **Условия залегания и краткая характеристика диктионемовых сланцев**

Горизонт диктионемовых сланцев представляет ту интересующую нас часть осадочных образований, которая отличается своей повышенной активностью излучения от других членов осадочных отложений, слагающих территорию северо-западной части Ленинградской области.

Диктионемовые сланцы принадлежат к серии нижнесилурийских отложений и в стратиграфическом разрезе региона приурочены к низам силура.

На кембрийских отложениях трансгрессивно залегает толща оболовых (унгулитовых) песчаников, подстилающая горизонт диктионемовых сланцев. Выше сланцев залегают глауконитовые песчаники и глауконитовые известняки.

Горизонт диктионемовых сланцев тесно связан с оболовыми песчаниками и отделяется хорошо заметной поверхностью размыва от вышележащих глауконитовых известняков.

Выхода диктионемовых сланцев известны вдоль побережья Финского залива от Балтийского порта в ЭстССР до окрестностей Ленинграда и продолжают дальше к востоку — до Ладожского озера. Эти сланцы обнажаются в обрывах глинта близ его подошвы и в берегах рек и речек, прорезающих глинты, а также, судя по имеющимся сведениям, они были обнаружены буровыми скважинами в пределах силурийского плато и девоьского поля залегающими в виде изолированных горизонтов.

В пределах обследованных участков диктионемовые сланцы, как и другие члены осадочных нижнепалеозойских отложений, имеют главным образом широтное простирание и спокойное пологое падение к югу (от 11 до 15 минут).

Вблизи обрывов глинта они нередко падают до 10—20 градусов, вследствие воздействия на сланцы флювио-гляциодислокаций.

Горизонт диктионемовых сланцев характеризуется малой выдержанностью по простиранию и в некоторых разрезах региона он совершенно отсутствует.

В некоторых случаях диктионемовые сланцы иногда слагают небольшие брахи-антиклинали и антиклинали с пологим падением крыльев (например, рр. Поповка и Тызва).

Мощность горизонта сланцев изменяется в широких пределах, начиная от нескольких сантиметров, и доходит, включая и песчанистые прослойки, до 6,55 м. Диктионемовый сланец представляет глинистую и сланцеватую породу от светло-коричневого до черного цвета.

Наблюдаются отдельные слои сланцев обычно черной окраски, значительно уплотненные и превращенные в довольно устойчивую породу (напр. р. Поповка).

В горизонте диктионемовых сланцев порою, довольно нередко, встречаются скопления пирита и марказита в виде отдельных конкреций, а иногда даже и мало-мощных от 0,01 до 0,03 м прослоев.

Кроме того в породе встречаются конкреции антраконита, достигающие размеров до 0,5—0,6 м в диаметре.

По плоскостям сланцеватости породы отмечаются игольчатые кристаллы гипса и налеты серы.

В разрезе № 13 (правый берег р. Поповки) в лежащем боку сланцев мною были обнаружены скопления галенита, имеющие минералогическое значение.

Описываемые породы разбиты трещинами отдельности северо-западного и северо-восточного простирания.

Трещины имеют простирание:

а) северо-западное 310—340° и соответствующее падение на СВ 87—90° и ЮЗ 80°, б) северо-восточное 60—30° и падение на ЮЗ 70° и к ЮЗ почти вертикальное.

### Минералогический состав

Под микроскопом порода состоит из глинистой тонкозернистой, частью пылеватой массы и органического вещества.

Песчанистые прослои, встречающиеся в основной части толщи диктионемовых сланцев по своему минералогическому составу близки к сланцам.

Зерна минералов, слагающие породу, большей частью очень тонки и плохо отсортированы, что до известной степени служит указанием на мелководное отложение породы.

Органическое вещество сланцев представляет измененный планктон, главной составной частью которого служат *Dictionema* и граптолиты.

Минералогический состав сланцев под микроскопом, вследствие их особенностей, не мог быть изучен детально. Поэтому из наиболее интересных участков были взяты бороздовые пробы и материал некоторой части последних подвергался механическому анализу и микроминералогическому исследованию.<sup>1</sup>

Изучался состав фракции 0,25—0,01 мм (легкой и тяжелой) и фракции тоньше 0,01 мм.

Отношение между легкой и тяжелой фракциями представлено в табл. 1.

<sup>1</sup> Анализ производился во ВСЕГЕИ научными сотрудниками И. Н. Ивановой и Г. И. Ершовой.

Таблица 1

| Номер пробы | Фракции в % |         | Навески в г | Рудные % | Бэ́та-активность от эталона |
|-------------|-------------|---------|-------------|----------|-----------------------------|
|             | легкая      | тяжелая |             |          |                             |
| 8           | 99,30       | 0,70    | 3,0         | 54,28    | 0,72                        |
| 22          | 99,12       | 0,88    | 2,45        | 20,53    | 0,70                        |
| 37          | 96,21       | 3,79    | 0,66        | 60,39    | 0,73                        |
| 38          | 98,77       | 1,23    | 0,57        | 17,20    | 0,85                        |
| 42          | 99,23       | 1,77    | 1,30        | 24,30    | 1,0                         |
| 54          | 99,56       | 0,44    | 2,5         | 20,30    | 1,06                        |
| 62          | 98,06       | 1,94    | 1,80        | 80,62    | 0,88                        |
| 60          | 96,11       | 3,89    | 1,57        | 91,36    | 0,57                        |

В легкой фракции 0,25—0,01 мм главными породообразующими минералами являются — кварц (от 67,58 до 86,87%), калиполевые шпаты (от 13 до 31,55%), в качестве примесей халцедон (от 0,3 до 9%), мусковит (0,11—0,20%), единственный пример зеленой слюды (проба № 37—0,18%).

Тяжелая фракция содержит фосфаты (?), напоминающие обломки раковин *Obolus* (от 3,18 до 73,61%), зерна циркона (1,7—10,24%), турмалина (1,0—6,56%), эпидота (0,35—1,3%), апатита (от 0,13—10,81%), рутила (0,7—2,52%), граната (до 0,98%), сфена (до 1,73%), анатаза (0,14%), лейкоксена (3,21%), роговой обманки (до 0,53%), эгирина (до 1%), энстатита (0,37%), диопсида (0,57%), барита (0,12%), ставролита (0,13%). Зерна циркона, турмалина, граната и рутила, как показали произведенные исследования, содержатся в тяжелой фракции всех без исключения проанализированных проб.

Зерна эпидота, апатита, роговой обманки и эгирина встречаются не во всех пробах; что же касается еще других перечисленных минералов, то они встречаются в виде единичных примеров и притом в различных пробах.

Рудные минералы (от 17,2 до 91,36%) представлены главным образом угловатыми, чаще всего окатанными зернами ильменита, реже пирита, магнетита, гематита. Состав фракции меньше 0,01 мм: основная масса — каолинит, кварц, калиевые полевые шпаты и серицит. Кроме них встречаются единичные зерна турмалина, циркона, апатита и рудных минералов.

Химический состав материала проб не был изучен, поэтому, говоря о составе сланцев, приходится приводить отрывочные сведения, имеющиеся в сводках.

Анализ золы сланцев (в %) представлен в табл. 2 (стр. 9).

Из приведенного видно, что достаточного количества данных о химическом составе сланцев не имеется до сих пор, хотя в свое время отобранные нами бороздовые пробы давали вполне надежный материал для анализов.

### Радиоактивность диктионемовых сланцев

Изучение активности сланцев и пород почвы и кровли во время полевых исследований производилось при помощи гамма-профилирования счетчиком Гейгер-Мюллера, конструкции ВСЕГЕИ 1936 г.

Детальное измерение бэ́та-активности было проведено над материалом бороздовых проб на стационарной установке с электронным счетчиком Гейгер-Мюллера во ВСЕГЕИ инж.-физиком Н. П. Староватовым.

Породы лежачего бока, согласно сделанным измерениям при гамма-профилировании на различных участках, дают следующую картину активности (за вычетом натурального фона).

а) Синяя кембрийская глина — 53 гамма-импульса (р. Поповка),

б) Оболочные песчаники — в пределах до 60 гамма-импульсов.

Породы висячего бока:

в) Глауконитовые песчаники, вообще говоря, дают несколько повышенную активность от 67 до 186 гамма-импульсов, объясняемую, по видимому, влиянием на

Таблица 2

|                                          | Образцы                 |       |       |    | Проба<br>Н. И | Примечание                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------|-------------------------|-------|-------|----|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | I                       | II    | III   | IV |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| П. п. п. . . . .                         | 23,66                   | 17,14 | 15,24 | —  | —             | Обр. I р. Поповка<br>" II р. Волхов<br>" III р. Копорье<br>" IV р. Лова<br>Опубликовано в сборнике<br>„Полезные ископаемые Ленин-<br>градской области и Карелии“,<br>стр. 67, 1933. Аналитик—Миков.<br>Анализ проб (р. Поповка)<br>Нефтяного института, Ленинград.<br>Получен нами в 1938 г. |
| SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 63,05                   | 63,02 | 64,16 | —  | 62,64         |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 6,66                    | 3,86  | 9,22  | —  | 6,58          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 15,97                   | 18,17 | 15,10 | —  | 14,71         |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,09                    | 1,09  | 0,92  | —  | 1,03          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CaO . . . . .                            | 2,08                    | 2,45  | 1,81  | —  | 1,95          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| MgO . . . . .                            | 2,0                     | 2,09  | 0,93  | —  | 1,72          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 8,18                    | 8,33  | 7,27  | —  | 1,13          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               |                         |       |       |    | 7,60          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | п р и с у т с т в у е т |       |       |    | —             |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,215                   | 0,113 | 0,21  | —  | 0,53          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| BaO . . . . .                            | —                       | —     | —     | —  | 0,05          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ZrO <sub>2</sub> . . . . .               | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| SrO <sub>2</sub> . . . . .               | —                       | —     | —     | —  | ничт. следы   |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| LiO <sub>2</sub> . . . . .               | —                       | —     | —     | —  | —             |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| RbO <sub>2</sub> . . . . .               | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CsO . . . . .                            | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Редкие земли . . . . .                   | —                       | —     | —     | —  | сумма 0,01    |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| MnO . . . . .                            | —                       | —     | —     | —  | 0,04          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ZnO . . . . .                            | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CdO . . . . .                            | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CoO . . . . .                            | —                       | —     | —     | —  | ничт. следы   |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| NiO . . . . .                            | —                       | —     | —     | —  | 0,01          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CuO . . . . .                            | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| PbO . . . . .                            | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | —                       | —     | —     | —  | присутствует  |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> . . . . .  | —                       | —     | —     | —  | присутствует  |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| WO <sub>3</sub> . . . . .                | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| MoO <sub>3</sub> . . . . .               | —                       | —     | —     | —  | присутствует  |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| SO <sub>3</sub> . . . . .                | —                       | —     | —     | —  | 1,92          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| SeO <sub>3</sub> . . . . .               | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| TeO <sub>3</sub> . . . . .               | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Br . . . . .                             | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| I . . . . .                              | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| F . . . . .                              | —                       | —     | —     | —  | нет           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

счетчик толщи диктионемовых сланцев, но отнюдь не повышенным содержанием в них радиоактивного вещества.

г) Слои глауконитовых известняков, расположенные на сравнительно небольшом удалении от всякого бока диктионемовой толщи (0,30—0,50 м) показывают также незначительную активность колеблющуюся от 12 до 93 гамма-импульсов, причем большей частью она изменяется в пределах 40—60 гамма-импульсов.

Таким образом, из многочисленных промеров изучения по гамма-методу активности пород почвы и кровли диктионемовых сланцев усматривается незначительная их активность, что в свою очередь, позволяет утверждать об обычном для осадочных отложений содержании в них радиоактивного вещества.

Толща же диктионемовых сланцев по своей активности значительно отличается от пород, покрывающих и подстилающих ее, что и позволяет даже в полевых условиях при помощи гамма-профилеирования расчленить самую толщу сланцев на отдельные, относительно обогащенные и обедненные радиоактивным веществом слои мощностью в 0,10—0,30 м.

Как уже было отмечено раньше, геолого-радиометрические работы были проведены в нескольких точках с выходами толщи диктионемовых сланцев.

Ниже дадим краткий обзор результатов гамма-профилеирования и измерения активности материала бороздовых проб (по бета-методу), которые брались с учетом данных гамма-профилеирования.

Для получения более достоверных отсчетов гамма-счетчиком выхода диктионемовых сланцев вскрывались разрезами.

А. Район Поповка. По правому и левому берегу было пройдено 13 разрезов, которые вскрыли диктионемовые сланцы и породы почвы и кровли. Бороз-

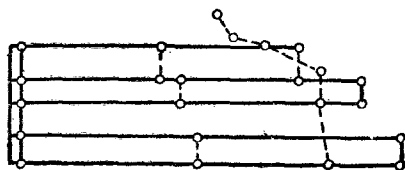


Рис. 1.

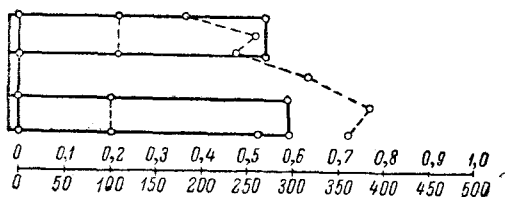


Рис. 2.

довые пробы были взяты посекционно в разрезах. Характер гамма-профилей, активность по бета-методу материала бороздовых проб и активность в долях

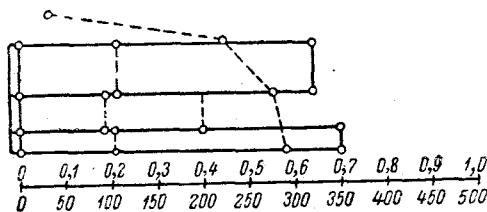


Рис. 3.

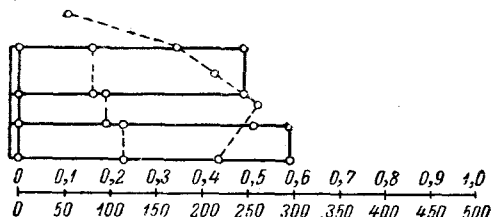


Рис. 4.

эталона представлены на графиках по разрезам 4, 5, 6, 7, 10, 8, 13, 12 (рис. 1—8).

Б. Район Антропшино. Характер гамма-профилей аналогичен полученным в разрезах р. Поповки. Бороздовых проб взято не было вследствие невысоких

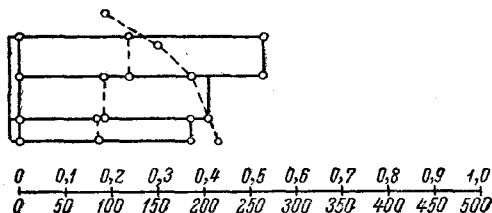


Рис. 5.

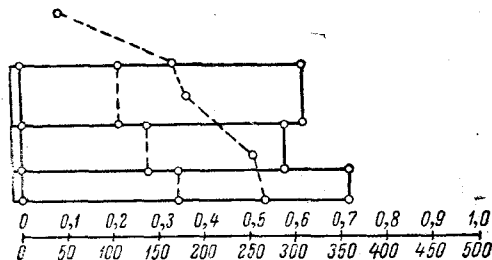


Рис. 6.

значений гамма-импульсов. Всего изучено было 3 разреза, из которых 2 вблизи водокачки, третий же у пос. Антропшино.

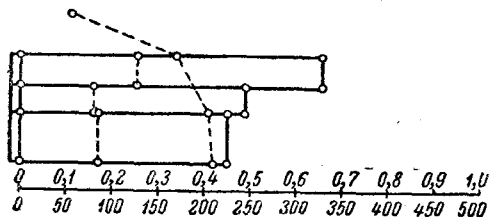


Рис. 7.

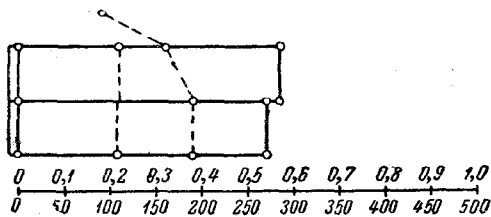


Рис. 8.

В. Район Тызва. Выхода сланцев были вскрыты в 4 разрезах. Наиболее отчетливо выражены гаммы-профилей в разрезах 1 и 2. Характер гамма-профилей, активность по бета-методу и активность в долях эталона представлены на графи-

ках по разрезам 1 и 2 рис. (9, 10); что же касается разрезов 3 и 4, то последние не были опробованы.

Г. Район Шунгорова. Толща диктионемовых сланцев прослеживалась для гамма-профилейрования размерами 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7. Вследствие значительной

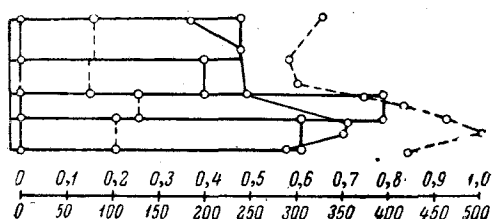


Рис. 9.

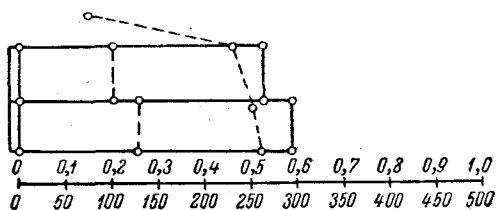


Рис. 10.

мощности сланцев не все разрезы вскрыли подстилающие породы — оболовые песчаники, а поэтому не из всех разрезов были взяты и бороздовые пробы. Характер гамма-профилей, активность материала проб по бета-методу и активность в долях эталона представлены на соответствующих графиках (рис. 11—13). Следует отметить, что гамма-профили в различных сечениях на этом участке имеют резко выраженные пики.

Д. Район Копорки. Толща сланцев вскрыта несколькими разрезами

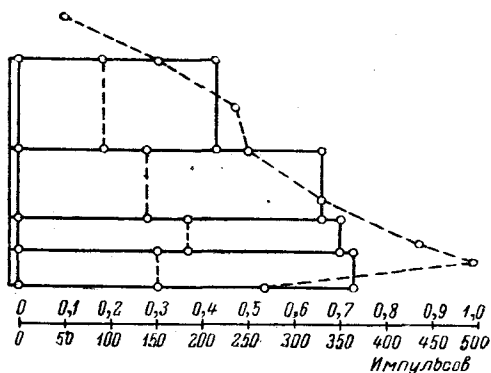


Рис. 11.

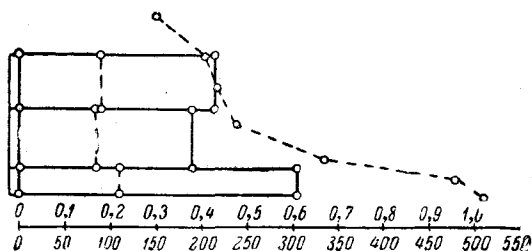


Рис. 13.

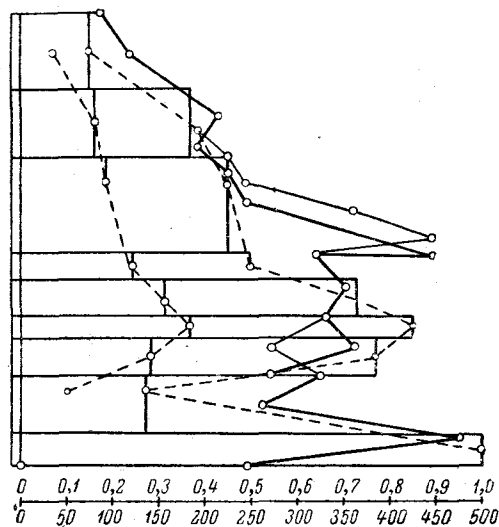


Рис. 12.

(1, 2 и 3). Отмечается значительная мощность сланцев. Гамма-профили выделяются наличием ряда резких максимумов. Характеристика профилей представлена графиками по разрезам 1 и 2 (рис. 14, 15).

Е. Ламошка. На участке был проведен только один разрез. Характер гамма-профиля представлен графиком (рис. 16).

Из приведенных выше графиков усматривается, что отдельные слои диктионемовых сланцев дают от 100 до 763 гамма-импульсов, а материал бороздовых проб и от 70 до 224 бета-импульсов, что же касается активности в долях эталона, то последняя изменяется от 0,45 до 1,06.

Более низкие значения (активности от эталона) соответствуют песчаным прослойкам в толще сланцев.

За эталон была взята проба из разреза Шунгорова.

Прямой зависимости между значениями гамма-импульсов для различных слоев сланца в вертикальном разрезе, с одной стороны, и бета-импульсов и активности от эталона, с другой, — не отмечается.

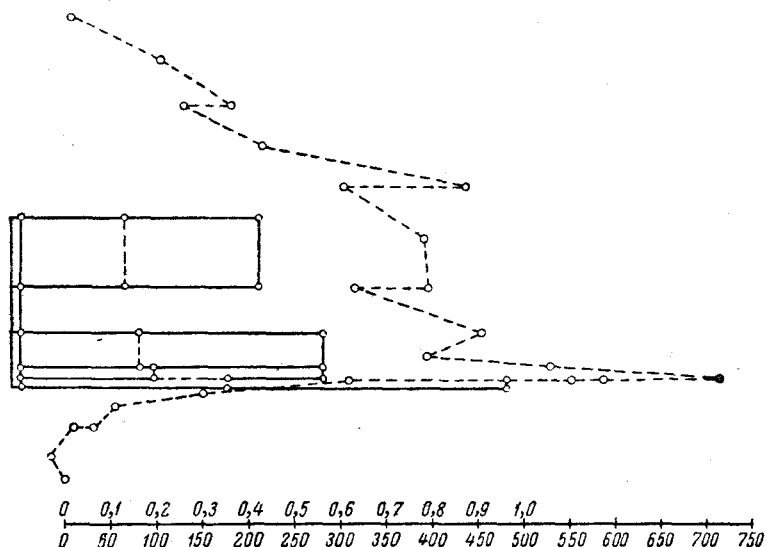


Рис. 14.

### Распределение радиоактивного вещества в вертикальных разрезах толщи диктионемовых сланцев и связь с минералогическим составом сланцев

Для определения радия и окиси тория были отобраны и проанализированы 10 бороздовых проб, взятых в различных районах из толщи диктионемовых сланцев.

Содержание радия определялось emanationным методом в лаборатории ВСЕГЕИ аналитиками Красильниковой и Кондратенко. Как показывают результаты анализа, содержание

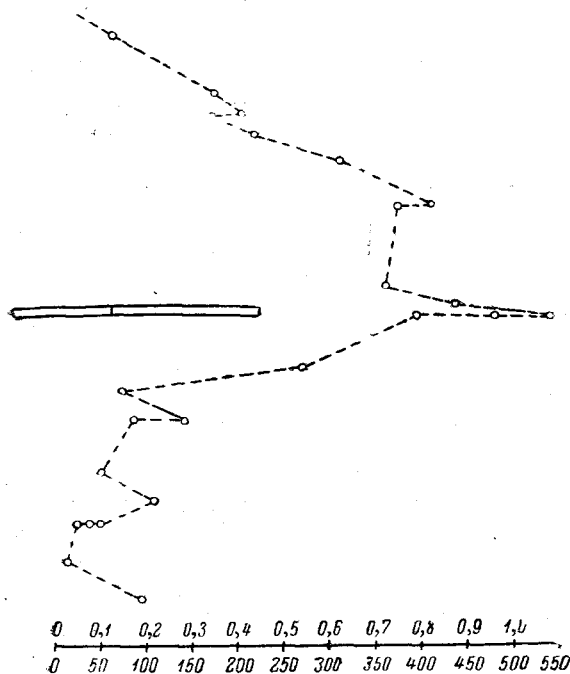


Рис. 15.

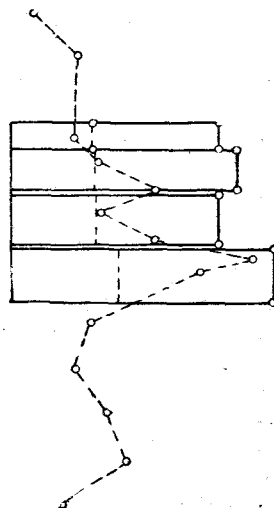


Рис. 16.

радия в пробах относительно не высокое, что же касается окиси тория, то она присутствует в количестве нормальном для радиоактивных руд.

Следует отметить, что, хотя бороздовые пробы и брались с учетом пик гамма-профилирования и по-секционно, но вместе с этим трудно было в полевых условиях и при новом виде сырья наметить длину секции, точно отвечающую слою с радиоактивным веществом, что в свою очередь приводит к получению усредненных результатов при анализе на содержание радия.

Из сопоставления данных гамма-профилирования, определения бэта-активности материала бороздовых проб и определения содержания радия в этих же пробах

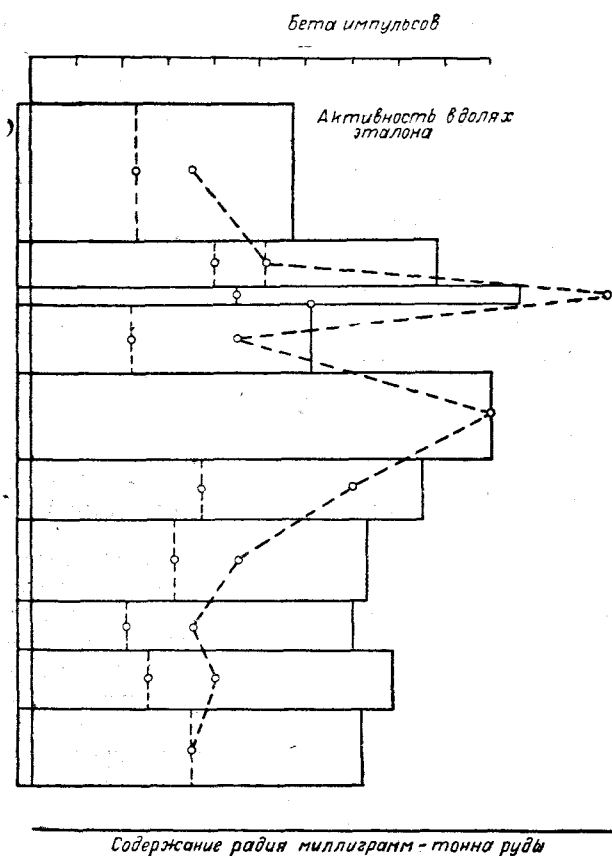


Рис. 17.

нетрудно видеть, что здесь не всегда имеет место прямая зависимость, а иногда наблюдаются и отклонения от нее. Последнее иллюстрируется графиком (рис. 17).

Прямой связи содержания радия в пробах с их минералогическим составом также не наблюдается.

Как видно из прилагаемого графика (рис. 18), нельзя произвести корреляцию между содержанием в тяжелой фракции проб апатита, турмалина, циркона, рутила, с одной стороны, и содержанием радия, — с другой.

Повидимому, радиоактивное вещество не имеет прямой связи с определенными слоями толщи диктионемовых сланцев, характерными минералами-индикаторами, а распределено в толще и неравномерно.

Таким образом, обобщая собранный нами большой фактический материал по радиоактивности толщи диктионемовых сланцев, можно сделать следующие выводы.

1. Толща диктионемовых сланцев отличается от других пород осадочной серии повышенной радиоактивностью.

2. Распределение радиоактивного вещества в сланцевой толще неравномерное как в вертикальном разрезе толщи, так и по простиранию ее.

3. Мощность обогащенных радиоактивным веществом слоев в различных сечениях значительно колеблется и, судя по данным опробования, достигает десятка сантиметров. Количество таких слоев в разрезе устанавливается обычно один — два, но не исключена возможность наличия даже нескольких слоев, имеющих определенную мощность.

4. Наиболее часто встречаются примеры приуроченности обогащенного радиоактивным веществом слоя диктионемового сланца к лежащему боку сланцевой толщи, несколько выше и вблизи песчано-сланцевых прослоев.

5. Уран и радий, содержащиеся в диктионемовых сланцах, повидимому, не находятся в равновесии, что усматривается из сопоставления графиков (см. рис. 17 и 18).

6. Чем мощнее толща диктионемовых сланцев, тем выше отмечается концентрация радиоактивного вещества в отдельных прослоях ее.



7. При наличии в пробе выше, чем 0,5 активности от эталона, последняя представляет уже некоторый интерес.

8. Гамма-профилирование вертикальных разрезов диктионемовой толщи позволяет выделить слои, различающиеся по концентрации радиоактивного вещества и даже имеющие незначительную мощность.

### Соображения о генезисе радиоактивности диктионемовых сланцев

Переходя к освещению вопроса генезиса повышенной по сравнению с другими нижнепалеозойскими отложениями радиоактивности диктионемовых сланцев, мы должны отметить, во-первых, своеобразие геологических условий и относительно незначительную, но в то же время широко распространенную концентрацию радия в отдельных слоях сланцевой толщи и, во-вторых, отсутствие подобного рода образований, известных по литературным сводкам.

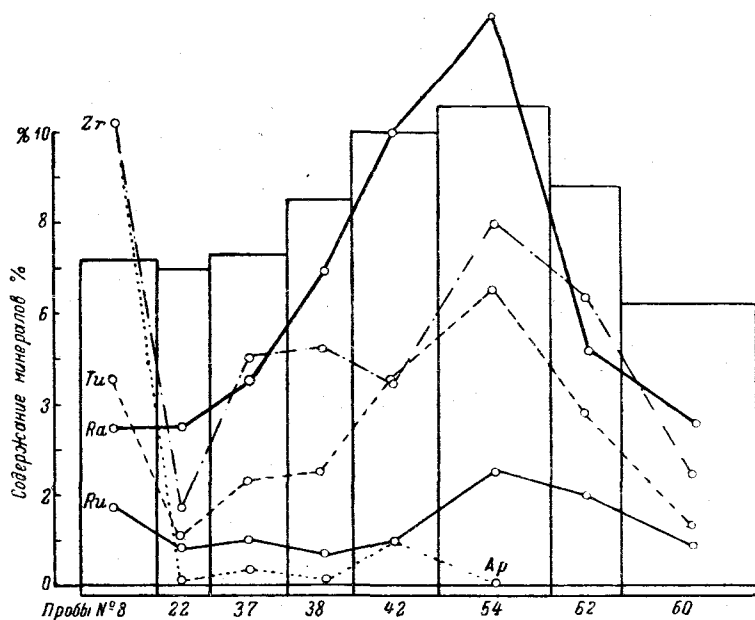


Рис. 18.

Основной особенностью геологического строения участков, где проводились геолого-радиометрические работы, является, прежде всего, отсутствие выходов изверженных пород и крупных зон разлома, а также нормальная обычная радиоактивность вмещающих сланцевую толщу пород.

Радий как элемент присутствует большей частью в урановых минералах, порою имеющих очень сложный состав, частично в водах нефтяных месторождений в виде растворимых солей и в рассеянном состоянии, вне связи с ураном.

Все известные месторождения урана, из которых производится получение радиесей солей, относятся к двум основным группам — группе первичных и к группе вторичных или осадочных месторождений.

Первичные месторождения урана генетически связаны с магматическими процессами и рудные урановые минералы содержатся или в пегматитовых жилах, или же в гидротермальных образованиях (урановые слюдки, уранитит, самарскит и многие др.).

В окисленной зоне урановых месторождений встречаются урано-фосфаты и урано-арсениаты кальция, меди, бария, висмута, сурьмы; водные уранаты меди, свинца, висмута; водные урано-сульфаты меди, кальция и водные урановые силикаты — меди, свинца, висмута.

В месторождениях осадочного генезиса (или вторичных) наиболее устойчивыми минералами являются урано-фосфаты (торнбернит, отунит и др.) и урано-ванадаты (карнотит, тюамунит, уванит и др.).

Нами уже отмечалось, что в описываемых районах неизвестны примеры выходов интрузивных пород, а равно и жильных образований (пегматитовых и гидротермальных).

Можно было бы также предполагать, что радиоактивное вещество, обладающее большой способностью к миграции, могло бы подниматься из глубинных зон по трещинам разлома и при известных физико-химических условиях задерживаться в той или иной пачке осадочных образований. Но геологическими исследованиями предыдущих лет установлено полное отсутствие таких зон разлома в пределах обследованной нами площади. Следовательно, радиоактивность диктионемовых сланцев не может здесь иметь прямой связи ни с интрузивными породами, ни с их жильными дериватами, а также и с зонами разлома.

По комплексу геологических и физико-химических условий радиоактивность сланцев может быть объяснена только как связанная с вторичными процессами, т. е. с циклом седиментации.

Проведенное изучение сланцев под микроскопом, механический анализ и минералогическое изучение материала восьми наиболее обогащенных радиоактивным веществом проб не дали значительных результатов, и минерал, содержащий радий, остается необнаруженным. Можно допустить, что такой минерал находится в породе в тонко-распыленном состоянии, вследствие чего методика изучения сланцев, конечно, в этом случае не являлась достаточной, обеспечивающей „улавливание“ таких минералов.

Полагая, что радиоактивность диктионемовых сланцев своим происхождением обязана циклу седиментации, можно думать, что накопление радиоактивного вещества в толще диктионемовых сланцев происходило двумя путями: путем непосредственного осаждения урановых растворимых соединений из вод нижесилурийского моря или путем выщелачивания урановых соединений поверхностными водами из вышележащих и покрывающих сланцы пород (силура, девона и даже перми), путем переноса и при наличии благоприятной среды переотложения последних.

Рассмотрим кратко, каждый в отдельности, возможный путь концентрации радиоактивного вещества в толще диктионемовых сланцев.

Горные породы, как изверженные, так и осадочные, всегда содержат некоторое количество радия, например: гранит —  $2,7 \times 10^{-12}$ ; основные породы —  $1,3 \times 10^{-12}$ ; песчаники —  $1,5 \times 10^{-12}$ ; мергели —  $1,01 \times 10^{-12}$  и т. д.

Таким образом, при разрушении горных пород урансодержащие минералы могут переходить в растворимые соединения и при известных условиях сохраняются в виде растворимых солей в водных растворах. Общеизвестно, что при образовании осадочных пород из пород изверженных содержание урана, как правило, уменьшается в 2—3 раза, но вместе с этим иногда происходит и концентрация последнего, обычно приуроченная к породам обломочным — песчаникам и известнякам.

В. Эммонс, изучая поведение соединений урана, приходит к выводу, что первичные урансодержащие минералы (напр. урановая смолка) в условиях зоны окисления сульфидных месторождений переходят в сульфит уранила  $\text{UO}_2\text{SO}_4$  в присутствии осадителей урана (фосфорных кислот, мышьяковых кислот) уранил переходит в урано-фосфаты, урано-арсениаты. При недостатке же в зоне окисления осадителей урана последний будет уходить в виде растворимых соединений  $\text{UO}_2\text{SO}_4$ , который медленно гидратируется и легко может переноситься. В присутствии же сероводорода или щелочных сульфидов уранил дает сульфид уранила  $\text{UO}_2\text{S}$ , являющийся неустойчивым соединением, хотя и могущим осаждаться из раствора, но в присутствии серной кислоты растворимым.

Сульфат уранила при восстановлении растительностью легко образует сульфат закиси урана, который с сульфатами щелочей образует двойные соединения типа  $\text{U}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Окисление такого соединения в присутствии воздуха и ванадатов может привести к образованию двойного урана-ванадата калия, как карнотит ( $\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{UO}_3 \times \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), который менее растворим и осаждается раньше сульфата.

Растворение урана в холодных минерализованных водах вполне возможно, о чем еще ранее было сказано Ренсомом и Хессом при объяснении ими генезиса урана радиевых месторождений Колорадо-Юта в США.

В описываемом нами случае можно с определенной степенью достоверности предполагать, что мелкие водосборные бассейны, где происходил процесс образования диктионемовых сланцев, содержали той или иной концентрации урано-радиевые растворимые соли.

Судя по минералогическому составу сланцев, можно сказать, что исходными горными породами для образования кластической части сланцев служили породы кислого состава.

Одним из главных и особо важных вопросов, по нашему мнению, является вопрос о том, какие породы размывались: граниты, пегматитовые или гидротермальные жилы, и их территориальное расположение в прошлом. Допуская, что размывались докембрийские образования, мы, однако, не в состоянии пока определить ни их нахождение, ни распространение, а между тем, установив район сноса и движение потоков, выполнявших водосборные бассейны, можно было бы судить о региональной или даже частичной радиоактивности определенной области. Вторым возможным путем накопления радиоактивного вещества в толще диктионемовых сланцев может быть процесс выщелачивания урановых минералов из вышележащих осадочных отложений, перенос метеорными водами растворимых соединений урана по сети капилляров и переотложение в виде определенных минеральных ассоциаций в присутствии осадителей (фосфора, ванадия, органического вещества). Как для первого, так и второго пути осаждения радиоактивного вещества наиболее благоприятные физико-химические условия имелись только в толще диктионемовых сланцев, которая и абсорбировала урановые соединения (при наличии сероводорода, ванадия, фосфора и других осадителей).

Необходимо обратить еще внимание на весьма важное наше соображение о возможном отсутствии равновесия между радием и ураном в толще сланцев. Радий может находиться в рассеянном состоянии, вне связи с ураном, что является весьма положительным при оценке экономичности извлечения радия из материала сланцев в толще.

В будущих работах следует более детально исследовать вопрос о предполагаемом нами перемещении радиоактивного вещества в толще сланцев, протекающем, надо полагать, и в настоящее время.

Сравнивая радиоактивность толщи диктионемовых сланцев с другими вторичными месторождениями урана радиевых и ванадиевых руд как в СССР, так и за границей, следует сказать, что аналогов им пока еще нам не известно.

Месторождение Майлису (СССР) приурочено к третичным отложениям — известнякам ферганского яруса, а американское Тепль-Рок (Парадокс — Велли Сан Мигуэль Ривер) к конгломератам или же песчаникам триаса и нижнего мела.

Минералогия этих месторождений крайне разнообразна, начиная от карнатита, ванооксита, роскоэлита и кончая целым рядом более сложных урано-ванадатов.

### **Геолого-экономическая оценка сланцев как возможного вида нового сырья для получения радия и окиси тория**

Проведенные геолого-радиометрические работы б. северо-западным отделением Союзредметразведки в 1937 г. по изучению радиоактивности толщи диктионемовых сланцев в различных районах Ленинградской области, к сожалению, не были доведены до конца.

Говоря о содержании радия в пробах, следует отметить, что материал, идущий в пробы, был взят нами вблизи дневной поверхности и не дальше 1—3 м от выхода сланцевой толщи на поверхность.

Естественно поэтому, что вследствие различного рода процессов, обусловленных деятельностью поверхностных вод, содержание радиоактивного вещества в изученных пробах может быть несколько ниже, чем той части сланцевой толщи, которая удалена от поверхности выхода.

В соответствии с этим еще в 1938 г. автором этой работы было внесено предложение о необходимости при изучении концентрации радиоактивного вещества

и его распределения в толще сланцев применить шурфы и буровые скважины, которые необходимо расположить на некотором удалении от поверхности их выходов.

Оценка точек с проявлениями радиоактивности во многом зависит от формы нахождения радия в сланцах, и в том случае, если какая-то доля его находится в рассеянном и не связанном с ураном состоянии, ценность сырья значительно повышается.

#### ЛИТЕРАТУРА

Вернадский В. Геохимия.

Геологическая карта южной части Ленинградской области под редакцией Б. П. Асаткина, ОНТИ, 1936.

Гевеши и Панэт. Учение о радиоактивности, 1924.

Зильберман А. Руды радия. Соц. реконструкция и наука, вып. IV, 1935, стр. 117—122.

Русаков М. П. О некоторых ванадиевых месторождениях США. Вестник ГГРУ, № 9—10, 1930, стр. 33—38.

Справочник „Полезные ископаемые Ленинградской области“, т. I, 1933.

Хесс Л. Франк. Осадочные месторождения урана, радия, ванадия и др. Геология рудных месторождений западных штатов США, ОНТИ, 1935, стр. 380—403.

Эммонс В. Вторичное обогащение рудных месторождений. ОНТИ, 1935.

Глебов С. М. и Староватов Н. П. Методика геолого-радиометрических работ по исследованию гамма-и бета-активности излучения диктионемовых сланцев. Разведка недр, № 11, 1938, стр. 51—56.

#### Summary

In the given article are discussed the results of the investigations and elaborating of the studies of character of radioactivity of sedimentary deposits of dictyonemous schists in Leningrad district.

Here is treated also a theorie of genesis of radioactivity of dictyonemous schists.

It was stated:

a) Measure of dictyonemous schists differs from the other sedimentary rocks by the higher degree of radioactivity.

b) Distribution of the radioactive substances in the shale measure is not uniform in the vertical cut of measure as well as in the direction of the strike.

c) Thickness of the slices, containing the radioactive substance in different sections, varies considerably and reaches, as to the results of approbation, tens of centimeters.

There are also some others results deducted.