

на почвообразование ключевое влияние оказывает литогенный фактор, выраженный в обильном щебнистом материале в почвенном профиле.

### **Заключение**

Комплексный морфологический анализ выявил, что почвенный покров исследованных территорий юга Тюменской и Свердловской областей формируется под определяющим влиянием зональных биоклиматических условий лесостепи и южной тайги, которые модифицируются действием азональных факторов (рельеф, литология, гидрология). Доминирующее положение в структуре почвенного покрова занимают различные подтипы серых лесных почв, что соответствует переходному характеру лесостепной зоны. В поймах рек и депрессиях рельефа формируется комплекс гидроморфных и полугидроморфных почв (аллювиальные, лугово-глеевые, лугово-черноземные), тогда как на наиболее дренированных участках плакоров встречаются выщелоченные черноземы. Полученные данные морфологических описаний создают репрезентативную основу для постановки детальных химико-аналитических исследований и последующего крупномасштабного почвенного картографирования.

### **Список литературы**

1. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
2. Розанов Б.Г. Морфология почв: Учебник для высшей школы. – М.: КДУ, 2004. – 432 с.
3. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова мира. – М.: Мысль, 1984. – 235 с.
4. География и генезис почв Западной Сибири / Под ред. И.М. Гаджиева, Д.С. Бульбовой. – Новосибирск: Наука, 2016. – 271 с.
5. Водяницкий Ю.Н., Савичев А.Т., Сизов А.П. Окислительно-восстановительные процессы в почвах и гумидных ландшафтах // Почвоведение. – 2020. – № 5. – С. 515-529.

### **ЭНТРОПИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ**

*Тякин Александр Маратович, магистрант 1 курса Института фундаментальных и прикладных агроэкобиотехнологий и лесного хозяйства ФГБОУ ВО Пермского ГАТУ им. академика Д.Н. Прянишникова, alexandertyakin@mail.ru*

***Самофалова Ираида Алексеевна, д.б.н., доцент, профессор кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Пермского ГАТУ им. академика Д.Н. Прянишникова, [samuofalovairaida@mail.ru](mailto:samuofalovairaida@mail.ru)***

*Аннотация: Представлена интерпретация гранулометрического состава почв горы «Ключи 1, Городище». Определен характер распределения элементарных почвенных частиц. Приводится энтропия гранулометрического состава почв, расположенных на разных участках горы. Определена корреляционная связь между содержанием гранулометрических фракций и величиной энтропии. Посчитан коэффициент облёссованности.*

*Ключевые слова:* почвы, постоянная площадка, гранулометрический состав, энтропия, коэффициент облёссованности, процессы.

Гранулометрический состав (ГС) почв является основным структурным уровнем организации твёрдого вещества почвы, отражающего генезис почв, трансформацию их в процессе почвообразования [1]. ГС предопределяет водно-воздушные и тепловые свойства почвы, контролирует способность удерживать и снабжать растения питательными веществами и водой, диктует выбор агротехнических и мелиоративных мероприятий. Гранулометрический состав позволяет спрогнозировать поведение почвы в различных условиях и управлять ее плодородием. Интерпретация гранулометрического состава с помощью энтропии может выступать как критерий оценки организации почв и указывать как на эродированность, так и на другие протекающие в ней процессы [2].

Цель исследования – определить характер распределения элементарных почвенных частиц.

Исследования проводили в Пермском крае, Суксунском муниципальном округе, на территории горы «Ключи 1, Городище». В геолого-структурном отношении территория расположена в пределах Уфимского вала и Предуральяского прогиба. Основными породами, слагающими эти структуры, являются артинские и кунгурские отложения Пермской системы и, покрывающие их, третичные осадки [3]. Массив горы является саргинским рифом, являющийся результатом высыхания древнего Пермского моря (280-260 млн. лет назад), расположен у правого берега р. Иргины. Особенностью местности является то, что в долине р. Иргины на одинаковых гипсометрических уровнях горизонтально залегают литологически различные породы: на западе рифовый массив соприкасается с кремнистыми известняками, а на востоке с доломитизированными, которые проникают под массив. Ниже кремнистых известняков обнаружены коралловые, гидроактиноидные и органогенно-детритовые известняки. Сам массив горы сложен органогенными и органогенно-обломочными вторичными доломитами, основной каркас которых образуют мшанки [4]. Абсолютная высота местности изменяется от 238 м н.у.м. до 136 м н.у.м, крутизна склонов меняется от 36° до 16°. Климат умеренно-

континентальный с холодной снежной зимой и теплым коротким летом. Исследуемая территория относится к Кунгурской лесостепи.

В результате рекогносцировочного обследования, определены 5 постоянных площадок (ПП) на склонах юго-западной, юго-восточной и северо-западной экспозиции на горе «Ключи 1, Городище», в пределах которых заложены почвенные разрезы. Морфологическая диагностика почв проведена по классификации и диагностике почв СССР [5].

Расчет энтропии (S) ГС почв проводили по формуле:

$$S = - \sum_{i=1}^N \left( \frac{x_i}{G} \right) \log_2 \left( \frac{x_i}{G} \right),$$

где,  $x_i$  – содержание частиц;  $G$  – сумма всех частиц, %;  $N$  – число частиц по размерам.

Коэффициент облёсцованности (Сл) рассчитывали, как отношение содержания крупной пыли к физической глине. Статистическую обработку проводили в программах «Анализ данных» в Microsoft Excel.

В пределах горы на склонах разных экспозиций диагностированы почвы различного генезиса. Так, на южном склоне на юго-западной и юго-восточной экспозиции диагностированы дерново-карбонатные типичные почвы. На северном склоне северо-западной экспозиции диагностированы дерново-карбонатная выщелоченная и светло-серая лесная почвы. Почвы в профиле и на поверхности содержат обломки пород, поэтому для корректной интерпретации приводится гранулометрический состав мелкозёма почв.

Установлено, что почвы по гранулометрическому составу мелкозема относятся к глинистой разновидности. Причем, в почвах на юго-восточные и юго-западные экспозиции мелкозем почв легкоголинистый на протяжении всего склона. На склоне северо-западной экспозиции, гранулометрический состав мелкозёма почв изменяется от среднеглинистого в верхней части склона до легкоголинистого в средней части склона.

Распределение частиц гранулометрических фракций в почвах различается. Общим для всех изучаемых профилей является резко дифференцированное распределение крупнопылеватой фракции в почвах (табл. 1). В дерново-карбонатной почве на вершине склона юго-восточной экспозиции распределение частиц является дифференцированным. Содержание илистой фракции постепенно нарастает с глубиной по профилю. Столь неравномерное и дифференцированное распределение элементарных почвенных частиц физического песка указывает на преобладание процессов выветривания и физической дезинтеграции частиц над процессами почвообразования. В дерново-карбонатной почве, расположенной в средней части склона, распределение элементарных почвенных частиц более или менее является

равномерным, кроме фракции песка. Таким образом, можно утверждать, что в почвах одновременно идут процессы выветривания и почвообразования. Одновременно с этим, в нижней части юго-западной экспозиции в верхних горизонтах почв наблюдаются процессы выветривания.

Таблица 1

Энтропия гранулометрического состава мелкозема почв

| Горизонт                                                                                   | Мощность<br>Горизонта,<br>см | Песчаная<br>(1-0,05) | Крупно-<br>пылеватая<br>(0,05-0,01) | Пылеватая<br>фракция<br>(0,01-0,001) | Илистая<br>(<0,001) | S    | Сл   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------|------|
| <i>Юго-западная и юго-восточная экспозиция (теплый склон горы)</i>                         |                              |                      |                                     |                                      |                     |      |      |
| ПП2, 238 м н. у. м., Дерново-карбонатная типичная легкоглинистая на элювии известняков     |                              |                      |                                     |                                      |                     |      |      |
| A                                                                                          | 3-14                         | 26,37                | 23,04                               | 23,6                                 | 26,99               | 1,99 | 0,46 |
| AB                                                                                         | 14-24                        | 27,65                | 1,04                                | 26,2                                 | 45,11               | 1,60 | 0,01 |
| BC                                                                                         | 24-42                        | 4,49                 | 22,64                               | 25,64                                | 47,23               | 1,70 | 0,03 |
| ПП3, 225 м н. у. м., Дерново-карбонатная типичная среднеглинистая на элювии известняков    |                              |                      |                                     |                                      |                     |      |      |
| A                                                                                          | 4-15                         | 9,21                 | 17,68                               | 26,32                                | 46,79               | 1,78 | 0,24 |
| AB                                                                                         | 15-22                        | 3,33                 | 23,16                               | 23,68                                | 49,84               | 1,64 | 0,32 |
| BC                                                                                         | 22-34                        | 4,21                 | 21,16                               | 24,76                                | 49,87               | 1,66 | 0,28 |
| ПП1, 136 м н. у. м., Дерново-карбонатная типичная легкоглинистая на элювии известняков     |                              |                      |                                     |                                      |                     |      |      |
| A                                                                                          | 3-11                         | 21,38                | 21,27                               | 28,53                                | 28,82               | 1,98 | 0,37 |
| AB                                                                                         | 11-21                        | 23,09                | 18,11                               | 40,61                                | 18,19               | 1,91 | 0,39 |
| BC                                                                                         | 21-37                        | 17,55                | 28,45                               | 46,89                                | 7,10                | 1,74 | 0,53 |
| C                                                                                          | 37-53                        | 25,85                | 44,51                               | 22,3                                 | 7,34                | 1,78 | 1,50 |
| <i>Северо-западная экспозиция (холодный склон горы)</i>                                    |                              |                      |                                     |                                      |                     |      |      |
| ПП4, 230 м н. у. м., Дерново-карбонатная выщелочная среднеглинистая на элювии известняков  |                              |                      |                                     |                                      |                     |      |      |
| A                                                                                          | 2-13                         | 11,10                | 12,93                               | 34,45                                | 41,52               | 1,79 | 0,17 |
| AB                                                                                         | 13-23                        | 1,96                 | 15,35                               | 26,01                                | 56,67               | 1,49 | 0,19 |
| BC                                                                                         | 23-40                        | 7,15                 | 7,41                                | 24,77                                | 60,66               | 1,49 | 0,08 |
| ПП5, 221 м н. у. м., Светло-серая лесная легкоглинистая на элюво-делювии карбонатных пород |                              |                      |                                     |                                      |                     |      |      |
| A <sub>1</sub>                                                                             | 3-9                          | 7,52                 | 27,43                               | 32,52                                | 32,52               | 1,84 | 0,42 |
| A <sub>2</sub>                                                                             | 9-18                         | 1,53                 | 30,08                               | 39,54                                | 28,86               | 1,66 | 0,44 |
| A <sub>2</sub> B                                                                           | 18-29                        | 6,36                 | 19,39                               | 40,66                                | 33,59               | 1,77 | 0,26 |
| B <sub>1</sub>                                                                             | 29-49                        | 8,28                 | 17,28                               | 48,49                                | 25,95               | 1,75 | 0,23 |
| B <sub>2</sub>                                                                             | 49-68                        | 11,62                | 19,69                               | 39,00                                | 29,69               | 1,87 | 0,29 |
| BC                                                                                         | 68-95                        | 6,57                 | 24,42                               | 33,41                                | 35,6                | 1,81 | 0,36 |
| C                                                                                          | 95-110                       | 3,39                 | 34,98                               | 25,8                                 | 35,83               | 1,73 | 0,57 |

В дерново-карбонатной выщелоченной почве в верхней части склона северо-западной экспозиции также отмечается дифференцированное распределение песчаной, крупнопылеватой и пылеватой фракций. Светло-серая лесная почва отличается резко дифференцированным распределением песчаной

фракции. Дифференцированное распределение частиц физического песка указывает на проявление процессов выветривания в профиле.

Рассчитана энтропия гранулометрического состава мелкозёма почв. Значения энтропии варьируют в диапазоне 1,49-1,98. Отмечается следующая тенденция: значения энтропии на южном склоне варьируют в пределах 1,60-1,98, а на северном склоне горы – 1,49-1,87. Таким образом, большая неупорядоченность дисперсной системы характерна для почв на южном склоне, что связано с процессами почвообразования, выветривания и эрозии, проявляющихся на южных склонах в большей степени.

Энтропия гранулометрического состава почв изменяется и в пределах склона. На южном склоне на выпуклой его части отмечается снижение энтропии ГС. Энтропия в гумусовом горизонте почв на северном склоне изменяется с 1,79 в верхней части склона до 1,84 на вогнутой части.

Рассчитана разница между величинами энтропии почв по склонам. Энтропия ГС в почве, расположенной на более высокой позиции по высоте принята за исходный фон. Так на южном склоне, разница ( $\Delta S_1$ ) в гумусовых горизонтах между почвами составила 0,20-0,22. Изменения энтропии в гумусовом горизонте в почвах на северном склоне составляют 0,05. Исходя из этого, можно предположить, что почвы северного склона меньше подвержены эрозии и являются более устойчивыми. Почвы, формирующиеся на южном склоне, характеризуются большей хаотичностью и неупорядоченностью дисперсной системы.

С помощью  $\Delta S_2$  ( $S_A - S_{\text{порода}}$ ) между гумусовым горизонтом и материнской породой установлено, что почвы являются дифференцированными по профилю по содержанию гранулометрических фракций. Наибольшая разница характерна для дерново-карбонатных почв в верхней части склонов и составляет 0,29-0,30. В средней части склонов, независимо от типовой принадлежности почв,  $\Delta S_2$  понижается до 0,11-0,12. В нижней части южного склона значения показателя несколько повышаются до 0,20. Таким образом, энтропия, как характеристика варьирования гранулометрического состава в пространстве, отражает неоднородность профилей почв.

Коэффициент облёссованности связан с типом почв, в частности с гранулометрическим составом. Высокие коэффициенты облёссованности свидетельствуют о высокой переработанности материала. Рассчитанный коэффициент облёссованности показывает, что дисперсная система гранулометрического состава является неоднородной: степень переработанности глинного материала в профиле почв различна.

Определена корреляционная связь между содержанием гранулометрических фракций и величиной энтропии в почвах (табл. 2).

Таблица 2

### Корреляционная матрица между содержанием фракций и величиной энтропии

| Размер частиц | ПП2, Дк <sup>т</sup> ГЭ <sub>5</sub><br>238 м н. у. м. | ПП3, Дк <sup>т</sup> ГЭ <sub>5</sub><br>225 м н. у. м. | ПП1, Дк <sup>т</sup> ГЭ <sub>5</sub><br>136 м н. у. м. | ПП4, Дк <sup>в</sup> ГЭ <sub>5</sub><br>230 м н. у. м. | ПП5, Л <sub>1</sub> ГЭ <sup>5</sup><br>221 м н. у. м. |
|---------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1-0,05        | 0,23                                                   | 0,99                                                   | 0,18                                                   | 0,81                                                   | 0,85                                                  |
| 0,05-0,01     | 0,69                                                   | -0,97                                                  | -0,66                                                  | 0,25                                                   | -0,39                                                 |
| 0,01-0,001    | -0,99                                                  | 0,96                                                   | -0,26                                                  | 0,99                                                   | -0,12                                                 |
| <0,001        | -0,94                                                  | -0,99                                                  | 0,99                                                   | -0,98                                                  | 0,19                                                  |

Установлена сильная обратная связь между энтропией ГС и содержанием пылеватой и илистой фракциями в дерново-карбонатной типичной почве на теплом южном склоне, формирующейся на высоте 238 м. В дерново-карбонатной типичной на высоте 225 м, отмечается сильная прямая связь энтропии с содержанием песчаной и пылеватой фракциями, и тесная обратная связь с крупнопылеватой и илистой фракциями. На нижней позиции южного склона (136 м) также в дерново-карбонатной почве проявилась тесная прямая связь энтропии с содержанием илистой фракции и средняя обратная с содержанием крупнопылеватой фракцией. В почвах на северном склоне (в дерново-карбонатной выщелоченной и светло-серой лесной почвах) энтропия связана с содержанием песчаной фракции. Кроме того, в дерново-карбонатной выщелоченной энтропия достаточно тесно связана с содержанием пылеватой и илистой фракций.

Данные по энтропии гранулометрического состава, подкрепленные коэффициентом облёссованности, показывающим тенденции неоднородности почвенных профилей почв, свидетельствуют о том, что несмотря на то что все почвы являются тяжелыми, а в некоторых случаях одинаковыми по подтипам, полидисперсная система почвы характеризуются большой неупорядоченностью и хаотичностью компонентов, что является проявлением многообразия постоянно протекающих в почвах процессах.

Исследование почв горы «Ключи 1, Городище» с применением корреляционного анализа между содержанием гранулометрических фракций и энтропией предоставляет уникальные данные для мониторинга и оценки состояния почвенного покрова этой конкретной локации, что важно для разработки региональных программ рационального природопользования и охраны окружающей среды.

### Список литературы

1. Дембовецкий А.В., Тюгай З.Н., Шеин Е.В. Гранулометрический состав почв: История, развитие методов, современное состояние и перспективы // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2024. Т. 79. №4. С. 7-8.

2. Самофалова И.А. Диагностика эродированности почв с использованием современных подходов к интерпретации параметров гранулометрического состава // Земледелие. 2020. №1. С. 14-18.
3. Классификация и диагностика почв СССР. М. Колос. 1977. С. 223.
4. Особо охраняемые природные территории Пермского Края / гл. ред. Бузмаков С.А. Пермь: ООО «Астер Плюс». 2017. 511 с.
5. Геологические памятники Пермского края: Энциклопедия / под общ. Редакцией И.И. Чайковского. Горный институт УРО РАН. Пермь, 2009. С. 480-483.

## **СОДЕРЖАНИЕ И ЗАПАСЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОСТАГРОГЕННЫХ КАРБОЛИТОЗЕМАХ И ТЕМНОГУМУСОВЫХ ПОЧВАХ ПРЕДВОЛЖЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

*Храмов Данила Владимирович – аспирант 1 года обучения института агробιοтехнологий и землепользования, Данила Храмов [danila.xramov@mail.ru](mailto:danila.xramov@mail.ru) ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»  
(Научный руководитель: Гаффарова Лилия Габдулбаровна – к.б.н., доцент кафедры агрохимии и почвоведения, [gaffarovalylya@mail.ru](mailto:gaffarovalylya@mail.ru) ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»)*

*Аннотация. Приведены результаты почвенного обследования залежных карболитоземов и темногомусовых тяжелосуглинистых почв Предволжья Республики Татарстан. В постагроденном горизонте содержание органического вещества от 2,2 % до 5,8 % при разном уровне хозяйствования и уклоне местности таксонов. Распашка целинных земель приводит к существенному изменению почвенного плодородия, в верхнем 20 см слое запасы органического вещества в изучаемых почвах составляют 66,7-74,2 т/га т/га в слое и 85,3-123,9 т/га в слое 0-100 см.*

*Ключевые слова:* органическое вещество почв, запасы органического вещества, плодородие, карболитоземы, темногомусовые почвы.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур при интенсивном земледелии, возможно при сохранении оптимальных запасов органического вещества, в особенности на склоновых почвах, где может существенно снижаться почвенное плодородие [1, 2, 3]. Высоким потенциалом к аккумуляции органического вещества обладают почвы содержащие карбонаты. [4]. Однако, современные способы мелиорации, агрохимии и агротехники позволяют регулировать процессы гумусонакопления и повышать эрозионную устойчивость почв [5].

Объектом исследования стали карболитоземы и темногомусовые почвы (по Классификации России 2004-08гг), также известные как рендзины, дерново-карбонатные типичные и выщелоченные почвы (Классификация почв СССР,