

ГЕОМОРФОЛОГИЯ, ГИДРОЛОГИЯ

УДК 551.435.7 (-925.11)

СОВРЕМЕННЫЙ ЭОЛОВЫЙ МОРФОЛИТОГЕНЕЗ ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА ГОДА НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЗОНЫ ПОДТАЙГИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

Н.С. Евсеева, З.Н. Квасникова, М.А. Каширо, А.С. Батманова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

На пашне зоны подтайги юго-востока Западно-Сибирской равнины в холодный период года развиваются эоловые процессы – дефляция и аккумуляция. Выделено две стадии их развития: 1 – со времени образования устойчивого снежного покрова до времени его максимального накопления; 2 – во время снеготаяния. В первую стадию в снеге накапливается от 0,8 до 879 г/м² эоловых осадков; во вторую – от 0,1 до 320 г/м². Эоловые осадки имеют тесную генетическую связь с почвами региона. Для эолового процесса характерна 5–6-летняя цикличность проявления.

Ключевые слова: Западно-Сибирская равнина, подтайга, пашня, снег, дефляция, аккумуляция.

Введение

Эоловые процессы – сложные физические процессы взаимодействия воздушного потока с подстилающей поверхностью, развиваются во всех природных зонах Земли. Необходимые факторы для их протекания: наличие в поверхностных горизонтах значительного количества песчаных и пылеватых частиц; их слабая связность; достаточная для захвата и переноса частиц сила ветра; оголенность поверхности или слабое развитие растительного покрова. Вследствие этого наибольшее развитие эоловые процессы имеют в зонах пустынь, полупустынь и степей, где были изучены российскими и зарубежными учеными – В.А. Обручевым, Б.А. Федоровичем, Д.В. Наливкиным, А.Г. Гаель, А.Н. Сажиним и Ю.И. Васильевым, Г. Конке и А. Бертраном, У. Чепилом, Р. Багнольдом, Н. Ланкастером и др.

В пределах лесной зоны России, в том числе и юго-востока зоны подтайги Западно-Сибирской равнины, эоловые процессы изучены слабо. Анализ природных условий развития эоловых процессов зоны подтайги показал, что они в целом благоприятны для развития названных процессов: для территории характерны сильные или бурные ветры (≥ 15 м/с), ветер характеризуется порывистостью (до 20–25 м/с) [Евсеева, Слуцкий, 2005; Евсеева, 2009; Ананова, Заблицкая, 2010; Евсеева, Квасникова, 2010, 2015]; почвообразующими породами являются лессовидные отложения [Евсеева, Квасникова, 2015]. Но естественный растительный покров подтайги препятствует дефляции почв.

В результате в естественных ландшафтах зоны подтайги эоловые процессы развиты слабо и представлены перевеванием песчаных кос на приустьев-

вой пойме, раздуванием песков, супесей, суглинков в обнажениях водораздельных равнин и террас в долинах рек, а также аккумуляцией пыли, приносимой воздушными потоками.

Вырубка лесов, распашка земель привели к развитию природно-антропогенных эоловых процессов. Наиболее активно они развиваются на пашне, где проявляются в течение всего года и представлены дефляцией, транспортировкой материала и аккумуляцией.

По данным наших наблюдений, на исследуемой территории выделяются два периода (стадии) проявления эоловых процессов:

- 1) эоловые процессы холодного периода года (ХПГ): со времени образования устойчивого снежного покрова (октябрь–ноябрь) до его схода (март–апрель);
- 2) эоловые процессы теплого периода.

До настоящего времени эоловые процессы, развивающиеся на территориях с устойчивым снежным покровом, мало изучены. В то же время взаимодействие ветра и снега формирует целый ряд процессов, которые можно отнести к дефляции. В.В. Бутюгин в 2008 г. предложил называть их снеговетровыми [Инженерная геодинамика... 2013].

Цель данной работы – характеристика эоловых снеговетровых процессов холодного периода года.

Методы исследования

С целью исследования эоловых процессов в зоне подтайги юго-востока Западно-Сибирской равнины нами проведен анализ основных факторов их развития: скоростей ветра по данным авиаметрической станции аэропорта Томск (Богашево), метеостанции Томск и полевым измерениям; состава почв и почвообразующих пород, морфологии и морфометрии

рельефа, основных характеристик снежного покрова на ключевых участках. Ежегодно отбирались пробы снега из всей толщи и с поверхности эоловых волн разной степени загрязненности по опорным профилям длиной до 800 м с последующим изучением гранулометрического и химического состава эоловых отложений. С 2013 г. ведутся наблюдения за накоплением эоловых отложений в пылеуловителях по методу М. Рехайс [Reheis, 2003].

Результаты исследования и их обсуждение

Эоловые процессы на пашне юго-востока зоны подтайги Западно-Сибирской равнины ХПГ подразделяются на деструктивные и аккумулятивные. Дефляции

подвержены почвы в основном тяжелого гранулометрического состава, сформировавшиеся на лессовидных отложениях (серые лесные и их подтипы, дерново-подзолистые, черноземы оподзоленные и др.). Почвы обладают высокой распыленностью (содержание агрегатов < 1 мм достигает 40–88%) и уязвимы к сильным ветрам. Выявлена 5–6-летняя цикличность проявления процесса [Евсеева, Квасникова, 2015] (рис. 1).

Проявление снеговетровых процессов в ХПГ, по данным наших наблюдений, имеет две стадии (фазы) развития: 1 – от установления устойчивого снежного покрова до периода его максимального снегонакопления (в основном 2–3-я декада марта); 2 – в период снеготаяния, совпадающего с весенним максимумом буревой деятельности.

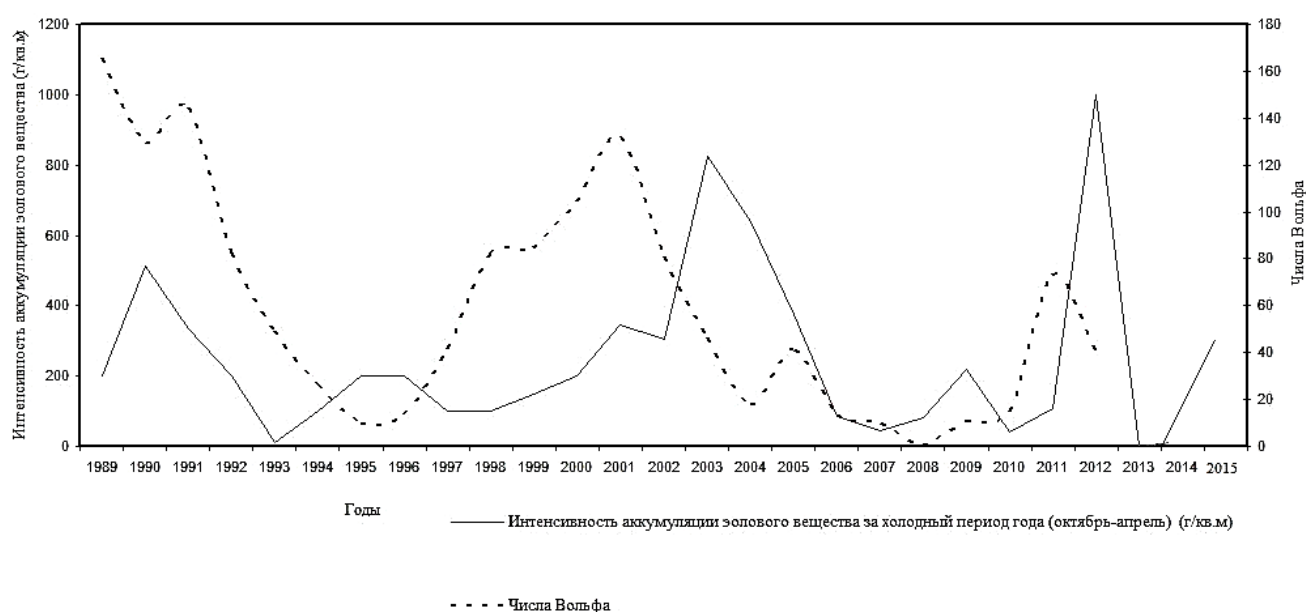


Рис. 1. Сопоставление цикличности проявления солнечной активности и интенсивности аккумуляции эолового материала на пашне Томь-Яйского междуречья (по: [Евсеева, 2005] с изменениями)

Fig. 1. Comparison of the cyclicity of the manifestation of solar activity and the intensity of accumulation of eolian material in the plowland of the Tom-Yai interfluvium (from [Evseeva, 2005] with additions)

Таблица 1

Примеры интенсивности эоловой аккумуляции в снежной толще в первую стадию развития на склонах южной экспозиции

Table 1

Examples of the intensity of eolian accumulation in the snow stratum in the first stage of development on the slopes of the southern exposure

Год наблюдения	Дата установления устойчивого снежного покрова	Дата проведения снегосъёмки	Интенсивность седиментации эолового наноса, г/м ²	
			Пашня	Кедровый лес
1990	19.10.1989	21.03.1990	До 512	–
1993	27.10.1992	24.03.1993	2,6–10,0	–
2003	04.11.2002	15.03.2003	До 824,0	–
2007	21.11.2006	16.03.2007	До 45,0	До 13,1
2012	27.10.2011	02.03.2012	24,6–878,7	2,6–6,6
2015	10.10.2014	14.03.2015	2,7–336,0	10,0–12,0
2016	15.10.2015	17.03.2016	0,8–42,0	0,23–1,0

В первую стадию развития эоловых процессов ХПГ дефляции подвержены наветренные склоны микро- и нанорельефа пашни, а также гребни пашни в случае глубокой осенней вспашки. Сильные ветры южных румбов, достигающие в порывах 20–25 м/с на высоте 1 м над поверхностью земли, периодически сдувают снег с названных элементов рельефа. Об этом свидетельствует и толщина снежного покрова: она изменяется на повышенных элементах рельефа от 0 до 30–40 см, в сугробах у лесополос, кромки леса – до 2–2,4 м, составляя в среднем 50–60 см. Выдутые частицы почвы отлагаются на снегу. Интенсивность аккумуляции эоловых осадков в снежной толще в совокупности с атмосферной пылью, приносимой воздушными потоками, неравномерна во времени и пространстве (см. табл. 1, рис. 2).

Толщина загрязненных прослоек снега в шурфе изменяется от 2–3 мм до 2–4 см, местами достигая 8–15 см. При проективном покрытии поля эоловой пылью в среднем 50–60% за период залегания снежного покрова на 1 га пашни может отлагаться от 4 кг/га до 4,4 т/га наноса.

Для второй стадии развития эоловых процессов в ХПГ также характерна различная интенсивность проявления. В это время снег прежде всего стает на плакорах и повышениях рельефа пашни, особенно на южных склонах. Интенсивность развития дефляции носит прерывистый характер, обусловленный высокой изменчивостью циркуляции атмосферы, скоростей ветра, выпадением осадков, температуры воздуха, почвы и др. Отбор проб снега за раз-

ные отрезки времени после снегопадов на опорных профилях показывает, что за короткие промежутки на поверхности снега может накапливаться значительная масса эолового материала (табл. 2).

Аккумуляция эолового материала происходит на поверхности снега неравномерно и с разной интенсивностью, что хорошо иллюстрируют примеры на опорном профиле (рис. 3) за 2008 и 2015 гг. В среднем по профилям накопилось 4,03 г/м² в 2008 г. и 88,15 г/м² в 2015 г.

При проективном покрытии поверхности снега эоловой рябью в 70% за короткий промежуток времени на 1 га пашни может отлагаться до 4,4 т/га наноса. В годы с активным развитием эоловых процессов во вторую фазу ХПГ эоловая рябь покрывает от 45–50 до 70–90% поверхности снега (2004 г.), а толщина наноса достигает 11–13 мм (1996, 2000 г.) до 30 мм (2003 г.).

Неравномерность накопления наноса связана с рядом причин: ветровым и температурными режимами, состоянием агрофона, мезо- и микрорельефом пашни, глубиной оттайки почвы на склонах разной экспозиции и др. Особенно значительное количество эолового материала накапливается во время бурь, когда порывы ветра достигают 20–25 м/с. В таких случаях, по данным наших наблюдений, в местах аккумуляции на эоловых волнах за сутки накапливается от 11,9 (09.03–10.03.2005) до 23,6 г/м² (20.03–21.03.2004). Гранулометрический состав эоловых осадков ХПГ характеризуется преобладанием пыли (до 90%), песка и ила (табл. 3).



А



В

Рис. 2. Примеры интенсивности развития эолового процесса в холодный период года: А – 2008 г., В – 2015 г.

Fig. 2. Examples of intensity of development of the eolian process in the cold period of the year: А – 2008, В – 2015

Таблица 2

Примеры интенсивности эоловой аккумуляции на поверхности снега во вторую стадию развития

Table 2

Examples of the intensity of eolian accumulation on the snow surface in the second stage of development

Год, дата снегосъёмки	Дата схода снежного покрова	Сроки наблюдения за аккумуляцией	Интенсивность аккумуляции, г/м ²	
			Пашня	Кедровый лес
21.03.1990	26.04.1990	25.03.1990–08.04.1990	18,2–102,4	18,0 (опушка)
24.03.1993	21.04.1993	16.03.1993–24.03.1993	0,39	–
		16.03.1993–11.04.1993	2,3–3,8	–
		09.03.2003–10.03.2003	11,9	–
15.03.2003	02.05.2003	13.03.2003–30.03.2003	0,095–173,1	–
		30.03.2003–13.04.2003	3,5–143,2	–
		16.03.2007–15.04.2007	0,37–16,9	1,0
16.03.2007	24.04.2007	16.03.2007–15.04.2007	0,37–16,9	1,0
02.03.2012	07.04.2012*	–	–	–
26.03.2013	21.04.2013	26.03.2013–28.04.2013	6,3–50,4	–
14.03.2015	24.04.2015	14.03.2015–21.04.2015	0,37–36,5	–
		14.03.2015–25.04.2015	3,9–320,0	–
		28.02.2016–16.03.2016	0,09–2,6	–
17.03.2016	12.04.2016	28.02.2016–02.04.2016	0,4–0,5	–
		28.02.2016–09.04.2016	1,0–15,2	–

* Снег сошел на 2–3 недели раньше обычного в период с 3 по 7 апреля 2012 г. [Экологический мониторинг, 2013], вследствие чего дефляция во время снеготаяния не была изучена.



А



В

Рис. 3. Примеры накопления эолового материала в холодный период года на поверхности снега у лесополосы во вторую стадию развития за разные годы: А – 2008 г.; В – 2015 г.

Fig. 3. Examples of accumulation of aeolian material in the cold period of the year on the surface of snow near the forest belt in the second stage of development for different years: А – 2008; В – 2015

В составе эоловых отложений в снеге содержатся гумус, биофильные макроэлементы и микроэлементы. Наличие первых свидетельствует о тесной генетической связи эолового наноса с почвами исследуемого региона. Содержание элементов питания растений в осадках в зависимости от степени загрязнения снега изменяется в значительных пре-

делах, например гумуса – от 1,5 до 4,3–5,1%; $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ – от 20,40 до 23,6 мг/экв. 100 г почвы и др. Сравнение среднего содержания микроэлементов (тяжелых металлов) в эоловых отложениях за 2001–2016 гг. показывает близость их химического состава с литогенным субстратом почв пашни (табл. 4).

Таблица 3

Гранулометрический состав эоловых осадков

Table 3

Granulometric composition of eolian sediments

Фракции, мм	Среднее содержание, %	Максимальное содержание, %	Минимальное содержание, %
1–0,25 песок средний	2,43	9,2	0,4
0,25–0,05 песок мелкий	17,9	20,7	6,83
0,05–0,01 пыль крупная	37,75	54,8	23,1
0,01–0,005 пыль средняя	9,45	17,0	0,3
0,005–0,001 пыль мелкая	10,98	18,2	3,84
меньше 0,001 ил	10,98	30,4	9,12

Таблица 4

Среднее содержание микроэлементов в эоловых отложениях и почвах пашни ключевого участка с 2001 по 2016 г., мг/кг

Table 4

The average content of microelements in the eolian sediments and soils to the key area of arable land 2001 to 2016, Mg/kg

Химический элемент	В эоловых отложениях	В почвах пашни (до 10 см)
Pb	19,1	17,1
Cu	25,8	26,0
Sn	2,8	3,8
Mn	694,2	626,0
Ba	299,2	278,6
Co	12,6	12,0
V	70,1	59,8
Sr	216,7	217,0
Cr	46,9	46,0
Ni	30,2	38,0
Zn	58,7	42,0

Как известно, движение выдутых частиц почвы происходит путем перекачивания, скачками и во взвешенном состоянии. К.С. Кальянов [Кальянов, 1976] отмечает, что почти 95% всего количества перемещаемых ветром частиц содержится в слое высотой до 15 см над поверхностью земли. Наши наблюдения показали, что во время бурь, сильных порывов ветра частицы почвы «подпрыгивают» над поверхностью снега в пределах струй ветра до 30–40 см. Диаметр комочков почвы при этом достигает 3–4 мм.

С целью определения интенсивности аккумуляции эоловой пыли на большой высоте нами использован метод М. Reheis [Reheis, 2003]. Метод заключается в установке простой, надежной ловушки для пыли, которая периодически очищается. Ловушка представляет собой кастрюлеобразную емкость,

установленную на высоте около двух метров над поверхностью земли. Стекланные шарики помещены на металлическую сетку, которая установлена в кастрюлеобразную емкость на 3–4 см ниже края. Высота в 2 м устраняет большинство сальтирующего песка. Шарики создают эффект щебнистой поверхности, которая препятствует выдуванию пыли, осевшей на дно емкости. В лабораторных условиях образец медленно сушат при температуре около +35°C; грубые органические вещества также удаляются во время этого процесса. Остальные минеральные вещества могут быть взвешены.

Наблюдения за разные отрезки времени показали, что наибольшее количество наноса накапливается на кромке кедрового леса, а минимальное – на наветренном склоне пашни (табл. 5).

Таблица 5

Интенсивность аккумуляции эолового наноса в пылеуловителях за разные отрезки времени [Евсеева, 2009]

Table 5

Intensity of accumulation of eolian deposit in dust collectors for different time intervals [Evseeva, 2009]

Местоположение точки наблюдения	Сроки наблюдения	Накопление эолового наноса в сроки наблюдения, г/м ²
Кедровый лес	06.11.2013–21.04.2014	17,2
	14.10.2014–14.03.2015	20,6
	14.03.2014–07.05.2015	4,8
Кромка кедрача	07.10.2015–17.03.2016	29,0
	02.04.2016–08.07.2016	79,3
Наветренный склон пашни, южная экспозиция	06.11.2013–21.04.2014	0,7
	14.10.2014–14.03.2015	4,1
	21.03.2015–07.05.2015	2,9
Лесополоса на пашне, склон южной экспозиции	06.11.2013–21.04.2014	2,1
	14.10.2014–14.03.2015	4,7
	21.03.2015–07.05.2015	3,9
	07.10.2015–02.04.2016	6,7
	02.04.2016–08.07.2016	23,0

Выводы

Анализ данных полевых наблюдений за эоловыми процессами на пашне юго-востока зоны подтайги за 1989–2016 гг. показывает, что скорости ветра здесь значительны и вызывают дефляцию почв, имеющих высокое содержание пыли (40–80%) [Евсеева, 2009].

Эоловые отложения имеют тесную генетическую связь с почвами региона, кроме того, в составе эоловых наносов присутствует и пыль, приносимая воздушными потоками из других регионов.

Выявлена 5–6-летняя цикличность проявления процесса (см. рис. 1). Это объясняется, по нашему мнению, как особенностями глобальной циркуляции атмосферы, проявляющейся в различных метеорологических характеристиках, так и региональными синоптическими процессами.

Наиболее дефляционными за ХПГ были 1990, 2003, 2012, 2015 гг. В названные годы, согласно Е.М. Любцовой [Любцова, 1994], на пашне развивалась эоловая миграция вещества от средней (100–200 г/м²) до сильной (200–500 г/м²) и очень сильной (500–1000 г/м²). Наиболее интенсивная дефляция почв в ХПГ наблюдалась в 2003 г. (до 824–997 г/м²) и в 2012 г. – до 878–1000 г/м². В остальные годы от-

мечалась умеренная (50–100 г/м²) и слабая – менее 50 г/м² эоловая миграция. Необходимо отметить, что в кедровом лесу, окаймляющем пашню с востока, за первую стадию развития эоловых процессов в ХПГ – от 0,23 до 24,8 г/м².

А.Н. Сажин [Сажин, 2004] отмечал, что современный эоловый морфогенез на распаханых землях степной зоны Евразии не приводит к образованию явно выраженных форм макрорельефа. В основном образуется эоловая рябь, бугры и валы навевания у различных преград, покровное скопление мелкозема в понижениях рельефа. Наши 27-летние наблюдения за современным эоловым морфолитогенезом на пашне зоны подтайги показывают, что и в подтайге крупных форм рельефа не образуется. Высота навесных валов в лесополосах достигает 0,53 м, а их ширина – до 0,3–1,3 м, также происходит покровное накопление эолового наноса на поверхности (эоловая рябь в годы с интенсивным проявлением дефляции в ХПГ покрывает до 70–90% площади пашни).

Эоловый процесс играет большую роль в миграции вещества как в пределах зоны подтайги, так и в системе разных сопряженных ландшафтов: пашня – лес – луг и т.д. С поверхности пашни выносятся гумус, биофильные элементы и микроэлементы.

ЛИТЕРАТУРА

- Ананова П.Г., Зяблицкая К.Н. Сильный ветер в районе г. Томска // Контроль окружающей среды и климата «КОСК-2010»: материалы VII Всерос. симп. Томск, 5–7 июля 2010 г. Томск : Аграф-Пресс, 2010. С. 202–204.
- Евсеева Н.С. Современный морфолитогенез юго-востока Западно-Сибирской равнины. Томск : Изд-во НТЛ, 2009. 484 с.
- Евсеева Н.С., Квасникова З.Н. Современные эоловые процессы юго-востока Западно-Сибирской равнины // Геоморфология. 2010. № 3. С. 40–46.
- Евсеева Н.С., Квасникова З.Н. Интенсивность и цикличность проявления эоловых процессов в агроландшафтах зоны подтайги бассейна Нижней Томи (Западная Сибирь) // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 397. С. 233–239.

Евсеева Н.С., Слущкий В.И. Климатический фактор развития эоловых процессов на юго-востоке Западно-Сибирской равнины // География и природные ресурсы. 2005. № 4. С. 75–79.

Инженерная геодинамика территории России. М. : Издательский дом КДУ, 2013. 816 с.

Кальянов К.С. Динамика процессов ветровой эрозии почвы. М. : Наука, 1976. 142 с.

Любцова Е.М. Эоловая миграция вещества и ее роль в распространении фтора в ландшафтах юга Минусинской котловины // География и природные ресурсы. 1994. № 2. С. 86–91.

Сажин А.Н. Современный эоловый морфогенез в семиаридном поясе Евразии // Рельефообразующие процессы: теория, практика, методы исследования : материалы XXVIII Пленума Геоморфологической комиссии. Новосибирск, 2004. С. 234–236.

Экологический мониторинг: Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области / гл. ред. А.М. Адам, редкол. Томск : Дельтаплан, 2013. 172 с.

Reheis M.S. Dust deposition in Nevada, California, and Utah, 1984–2002. U.S. Geological Survey, Open-File Report 03–138, 2003. 11 p.

Авторы:

Евсеева Нина Степановна, доктор географических наук, профессор, заведующая кафедрой географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

Квасникова Зоя Николаевна, кандидат географических наук, доцент, кафедра географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: zojkwas@rambler.ru

Каширо Маргарита Александровна, кандидат географических наук, доцент, кафедра географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

Батманова Антонина Сергеевна, старший лаборант, кафедра географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

Geosphere Research, 2017, 2, 6–13. DOI: 10.17223/25421379/3/1

N.S. Evseeva, Z.N. Kvasnikova, M.A. Kashiro, A.S. Batmanova

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

MODERN AEOLIAN MORPHOLITHOGENESIS OF COLD PERIOD IN THE SOUTH-EAST PART OF THE SUB-TAIGA ZONE OF THE WEST SIBERIAN PLAIN

The natural conditions in the subtaiga zone of the southeast of the West Siberian plain are favorable for the development of aeolian processes such as deflation, migration and accumulation of aeolian material. The vegetation prevents the spread of aeolian processes in natural landscapes.

Deforestation and plowing of the land which were particularly intense in the mid-twentieth century, led to the advent of natural-anthropogenic aeolian processes on arable land. These processes develop mainly on loamy soils in the studied area, while in other regions deflationary processes are common on lighter soils.

Both meso- and microrelief of arable land are complex. There is an alternation of the upper reaches of the gullies, hollows, and watersheds. The gullies have a depth of 15 m; the depth of the hollows is up to 5 m and their diameter up to 150 m. The steepness of slopes on arable land varies from 0–1 to 7°. The topography of the arable land creates an additional roughness of surface, which increases wind turbulence.

South winds prevail over the territory. Windward slopes are subjected to deflation. Transportation and accumulation occur on the leveled surface of arable land and the near natural barriers such as forest belts, forest edges, and road embankments. The studied area is characterized by strong winds, with the speed of ≥ 15 mps, and wind gusting to 20–25 mps. There are storms with wind speeds up to 34 mps. Thus, the wind speeds exceed the critical value for loamy soils (not more than 9–10 mps).

Parent material is loess loam, characterized by high dust content. Aeolian processes develop in the fields all over the year, but they have different intensity.

The paper contains the results of monitoring of aeolian processes in cold-season (October–April). Two stages of the development of aeolian processes are distinguished. The first stage starts since the formation of steady snow cover until the time of maximum accumulation (from October to the third decade of March). The second stage. The second stage occurs during snowmelt (from end of March to April). For both the first and the second phases irregularity of the accumulation of aeolian deposits in the profiles is marked.

At the first stage from 0.8 to 879 grams per cubic meter aeolian sediments are accumulated in the snow on the arable land; and from 0.1 to 320 grams per cubic meter sediments are accumulated at the second stage. During the period from 2007 to 2016 in the neighbouring pine woods there were not more than 12 grams per cubic meter deposits, this sedimentation level is much lower than on arable land. Aeolian sediments have mainly silty composition and a close genetic relationship with soils of the region, they contain humus, N, P, Ca, Mg. Aeolian process is characterized by from 1 to 6 year cycles of activity.

Keywords: West Siberian Plain, sub-taiga, arable land, snow, deflation, accumulation.

REFERENCES

Ananova L.G. and Zjablickaja, K.N. *Sil'nyy veter v rayone g. Tomska* [Strong winds in the area of Tomsk] // Kontrol' okruzhajushhej sredy i klimata "KOSK-2010", VII Vserossijskii simpozium. Tomsk: «Agraf-Press», 2010. pp. 202–204. In Russian

Evseeva N.S. *Sovremennyy morfologenez yugo-vostoka Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Modern morpholithogenesis in the southeast part of West Siberian plain]. Tomsk: NTL, 2009. 484 p. In Russian.

Evseeva N.S., Kvasnikova Z.N. *Sovremennyye eolovyye protsessy yugo-vostoka Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Recent eolian processes in the south-eastern West Siberia] // *Geomorfologiya*. 2010. № 3. pp. 40–46. In Russian

Evseeva N.S., Kvasnikova Z.N. *Intensivnost' i tsiklichnost' proyavleniya eolovykh protsessov v agrolandshaftakh zony podtaygi basseyna Nizhney Tomi (Zapadnaya Sibir')* [The intensity and the cyclic occurrence of aeolian processes in agricultural landscapes of sub-taiga zone in the basin of the Lower Tom (Western Siberia)] // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. V. 397. pp. 233–239. In Russian

Evseeva N.S., Slutsky V.I. *Klimaticheskiy faktor razvitiya eolovykh protsessov na yugo-vostoke Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Climatic factor of the development of aeolian processes in the southeastern of West Siberian Plain] // *Geografiya i prirodnyye resursy*. 2005. № 4. pp. 75–79. In Russian

Inzhenernaya geodinamika territorii Rossii [Engineering geodynamics of the territory of Russia]. Moscow: Publishing House KDU, 2013. 816 p. In Russian

Lyubtsova E.M. *Eolovaya migratsiya veshchestva i yeye rol' v rasprostraneniі flora v landshaftakh yuga Minusinskoy kotloviny* [Eolian migration of the substance and its role in the spread of fluoride in the landscapes of the South Minusinsk depression] // *Geografiya i prirodnyye resursy*. 1994. № 2. pp. 86–91. In Russian

Kaliyanov K.S. *Dinamika processov vetrovoj erozii pochvy* [Dynamics of wind erosion of the soil]. Moscow: Nauka, 1976. 142 p. In Russian

Sazhin A.N. *Sovremennyy eolovyy morfogenez v semiaridnom poyase Yevrazii* [The modern aeolian morphogenesis in the semi-arid belt of Eurasia] // *Rel'yefoobrazuyushchiye protsessy: teoriya, praktika, metody issledovaniya, Materialy XXVII Plenuma Geomorfologicheskoy komissii*. 2004. pp. 234–236. In Russian

Ekologicheskiy monitoring: doklad o sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy Tomskoy oblasti [Ecological monitoring: The report on the state and Environmental Protection of Tomsk region] / Glav. red. A.M. Adam, redkol. Tomsk: Del'taplan, 2013. 172 p. In Russian

Reheis M.S. Dust deposition in Nevada, California, and Utah, 1984–2002. U.S. Geological Survey, Open-File Report 03–138, 2003. 11 p.

Author's:

Evseeva Nina S., Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Head of the Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Kvasnikova Zoya N., Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: zokwas@rambler.ru

Kashiro Margarita A., Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Batmanova Antonina S., Senior Laboratory Assistant, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.