

УДК 504.53:57.049(571.12)

## ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА РАДОНА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПОЧВ ЯРКОВСКОГО, ВАГАЙСКОГО, ТОБОЛЬСКОГО РАЙОНОВ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Токарева А.Ю., Алимова Г.С., Уткина И.А.

ФГБУН «Тобольская комплексная научная станция» УрО РАН, Тобольск, e-mail: tbsras@rambler.ru

Тобольск – активно развивающийся город. В связи с развитием нефте- и газоперерабатывающей отрасли постоянно увеличивается число жителей города и все новые территории охватываются строительством жилищных комплексов и индивидуальных жилищных строений. В целях обеспечения экологической безопасности градостроительства и повышения эффективности использования территорий все большее внимание уделяется естественной радиоактивности. Статья посвящена исследованию плотности потока радона в городе Тобольске и некоторых населенных пунктах Ярковского, Вагайского и Тобольского районов Тюменской области, с целью выявления радоноопасных территорий. Все измерения выполнены комплексом для мониторинга радона «КАМЕРА-01» в соответствии с руководством пользователя и МУ 2.6.1.038-2015 «Оценка потенциальной радоноопасности земельных участков под строительство жилых, общественных и производственных зданий». Были определены pH, плотность, влажность и гранулометрический состав почвы, координаты в трехмерном пространстве. Концентрация радона в воздухе зависит в первую очередь от геологической обстановки: так, граниты, в которых много урана, являются активными источниками радона. В ходе исследования было выявлено, что на плотность потока радона с поверхности почвы в незначительной степени оказывают влияние плотность и влажность почвы. В результате работы было установлено, что на всех исследованных территориях города Тобольска и окрестностях некоторых населенных пунктов, расположенных у магистральных рек (р. Иртыш и р. Тобол) Ярковского, Вагайского и Тобольского районов, плотность потока радона не представляет опасности для населения и не превышает 80 мБк/м<sup>2</sup>с, что соответствует первому классу радоноопасности.

**Ключевые слова:** радон, плотность потока радона, Тобольск, Вагайский, Тобольский, Ярковский районы, Тюменская область

## RESEARCH OF FLUX DENSITY OF RADON IN THE SOIL SURFACE OF YARKOVSKIY, VAGAYSKIY AND TOBOLSK DISTRICTS

Tokareva A.Yu., Alimova G.S., Utkina I.A.

Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Tobolsk, e-mail: tbsras@rambler.ru

Tobolsk is an actively developing city. In connection with the development of the oil and gas processing industry, the number of residents of the city is constantly increasing, and all new territories are covered by the construction of housing complexes and individual housing structures. In order to ensure the environmental safety of urban planning and improve the efficiency of land use, increasing attention is being paid to natural radioactivity. The article is devoted to the study of the radon flux density in the city of Tobolsk and some localities of the Yarkovsky, Vagaysky and Tobolsky districts of the Tyumen region, in order to identify radon-hazardous territories. All measurements were performed by the CAMERA-01 radon monitoring system in accordance with the user's manual and MU 2.6.1.038-2015 «Assessment of the potential radon danger of land plots for construction of residential, public and industrial buildings». Were determined pH, density, moisture and particle size distribution of the soil, the coordinates in three-dimensional space. The concentration of radon in the air depends, first of all, on the geological situation, for example, granites, in which there is a lot of uranium, are active sources of radon. The study found that the density of radon flux from the soil surface to a small extent is influenced by the density and humidity of the soil. As a result of the work, it was found that in all the studied territories of the city of Tobolsk and the vicinity of some settlements located near the main rivers (the Irtysh and Tobol rivers) of the Yarkovsky, Vagai and Tobolsk districts, the radon flux density does not represent a danger to the population and does not exceed 80 MBq / m<sup>2</sup>s, which corresponds to the first class of radon hazard.

**Keywords:** radon flux density, radon, Tobolsk, Vagayskaya, Tobolsk, Yarkovsky district, Tyumen Region

В целях обеспечения экологической безопасности градостроительства и повышения эффективности использования территорий все большее внимание уделяется естественной радиоактивности. По данным многочисленных исследований отечественных и зарубежных ученых, основной радиационный фон на нашей планете создается за счет естественных источников излучения, в частности радона, который составляет значительную часть общей

радиационной дозы [1–3]. Земная кора с момента своего образования содержит естественные радиоактивные элементы, создающие естественный радиационный фон. Вклад радона в формирование дозы облучения человека в процессе его жизни от естественных источников оценивается в 54% (рис. 1, 2) [2]. Простое вещество радон при нормальных условиях – бесцветный инертный газ; радиоактивен, стабильных изотопов не имеет. При комнат-

ной температуре является одним из самых тяжёлых газов.

Наиболее стабильный изотоп ( $^{222}\text{Rn}$ ) имеет период полураспада 3,8 суток. Входит в состав радиоактивных рядов  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$ . Ядра радона постоянно возникают в природе при радиоактивном распаде материнских ядер. Ввиду химической инертности радон относительно легко покидает кристаллическую решётку «родительского» минерала и попадает в подземные воды, природные газы и воздух. Поскольку наиболее долгоживущим из четырёх природных изотопов радона (218, 219, 220, 222) является  $^{222}\text{Rn}$ , именно его содержание в этих средах максимально [3]. Концентрация радона в воздухе зависит в первую очередь от геологической обстановки: так, граниты, в которых много урана, являются активными источниками радона. А также от погоды: во время дождя микротрещины, по которым радон поступает из почвы, заполняются водой, снежный покров также препятствует доступу радона в воздух.

Основная часть радиоактивного газа поступает в жильё человека из почвы и с подпочвенных пород, в связи с чем большое значение имеет выбор и обследование территории для застройки. Величиной, характеризующей радоновую опасность грунта, является плотность потока радона. Она указывает на интенсивность выхода газа на поверхность земли [4, 5].

Различают 3 класса радоноопасности территорий:

- первый класс (ППК менее  $80 \text{ мБк/м}^2 \cdot \text{с}$ ) – для защиты достаточно обычной вентиляции);
- второй класс (ППК равен  $80\text{--}200 \text{ мБк/м}^2 \cdot \text{с}$ ) – необходима умеренная защита;
- третий класс (ППК более  $200 \text{ мБк/м}^2 \cdot \text{с}$ ) – требуется усиленная защита [6].

Радон радиотоксичен и канцерогенен. Попадая в организм человека, он способствует процессам, приводящим к раку лёгкого. Распад ядер радона и его дочерних изотопов в лёгочной ткани вызывает микроожог, поскольку вся энергия альфа-частиц поглощается практически в точке распада [2].



Рис. 1. Суммарная дозовая нагрузка на население от всех источников излучения



Рис. 2. Суммарная дозовая нагрузка на население от естественных источников излучения

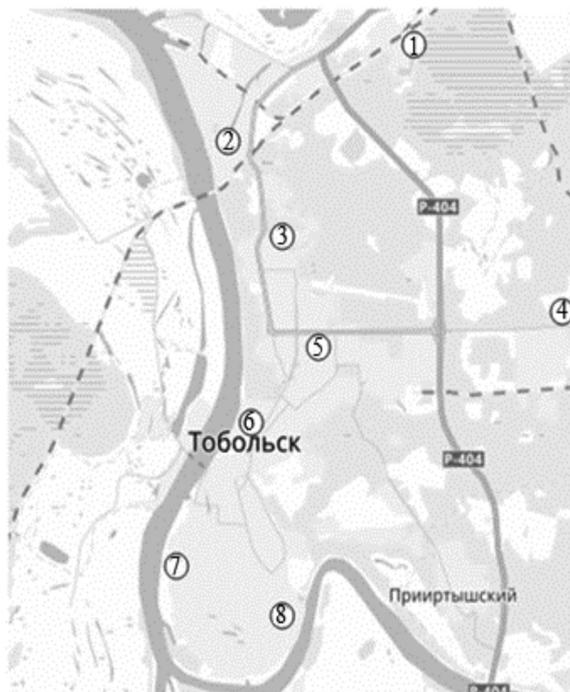


Рис. 3. Районы исследования плотности потока радона с поверхности почвы в городе Тобольске: 1. Микрорайон Менделеево (район СОШ № 20); 2. Микрорайон Речпорт (район Д.К. «Водник»); 3. Микрорайон 7 «А» Детская школа искусств им. А.А. Алябьева; 4. БСИ – 1 (район завода «Сибур-Тобольск»); 5. Микрорайон 15 (жилой сектор); 6. Территория Тобольского кремля; 7. Ул. Алябьева, район СОШ № 14; 8. Микрорайон Южный (ДОЗ)

Тобольск – активно развивающийся город. В связи с развитием нефте- и газоперерабатывающей отрасли постоянно увеличивается число жителей города и все новые территории охватываются строительством жилищных комплексов и индивидуальных жилищных строений.

Цель исследования: выявление радоноопасных территорий в городе Тобольске и некоторых населенных пунктах Ярковского, Вагайского и Тобольского районов.

#### Материалы и методы исследования

В рамках данного исследования проведены два этапа работ: первый – определение плотности потока радона с поверхности почвы в некоторых районах города Тобольска и второй – определение плотности потока радона с поверхности почвы окрестностей некоторых населенных пунктов Вагайского, Тобольского и Ярковского районов (рис. 3, 4). Все измерения выполнены комплексом для мониторинга радона «КАМЕРА-01» в соответствии с руководством пользователя и МУ 2.6.1.038-2015 «Оценка потенциальной радоноопасности земельных участков под строительство жилых, общественных и производственных зданий».

Первый этап исследований проводился в период с 21 по 30 мая 2018 г. при отсутствии атмосферных осадков, температура воздуха 12–18 °С, атмосферное давление 747–762 мм рт. ст., время экспозиции не менее 4 ч.

Второй этап исследований проводился в период с 25 июня по 12 июля 2018 г. при отсутствии атмосферных осадков, температура воздуха 23–30 °С, атмосферное давление 746–761 мм рт. ст., время экспозиции не менее 4 ч. Были определены также актуальная кислотность почвенного раствора по ГОСТ 26423-85, плотность почвы, координаты в трехмерном пространстве (высота над уровнем моря, широта, долгота).

Статистический анализ проведен в программе EXCEL с применением коэффициента корреляции Спирмена  $r_s$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования плотности потока радона в поверхностном слое почв г. Тобольска и некоторых населенных пунктов Ярковского, Вагайского и Тобольского районов Тюменской области представлены в табл. 1, 2. Наибольшие показатели в г. Тобольске имел район улицы Алябьева (СОШ № 14),

расположенный в подгорной части – среднее значение  $48 \pm 9$  мБк/м<sup>2</sup>с, при максимуме  $78 \pm 13$  мБк/м<sup>2</sup>с, что соответствует первому классу радоноопасности.

Второй этап исследования помимо определения плотности потока радона включал в себя также определение актуальной кислотности почвенного раствора, плотности почвы, высоты над уровнем моря. Исследованные почвы имеют различный гранулометрический состав: 72% – легкие суглинки, 16% – средние суглинки, 12% – супесь. На исследованных территориях Тобольского, Вагайского и Яркового районов отмеча-

ется относительно невысокий показатель плотности потока радона с поверхности почвы до 37 мБк/м<sup>2</sup>с, за исключением окрестности д. Большая Блинникова Тобольский район – 157 мБк/м<sup>2</sup>с. Это пойменный участок реки Тобол, покрытый характерной для данного биотопа растительностью.

Выявлена слабая корреляционная зависимость между плотностью потока радона в поверхностном слое почв и её плотностью и влажностью, что подтверждается и другими исследователями [2, 4]. Корреляция между рН почв и содержанием радона статистически не значима.



Рис. 4. Районы исследования плотности потока радона с поверхности почвы (координаты):

1. N 58°07.134' E 68°11.843'; 2. N 58°07.237' E 68°12.827';
3. N 58°09.779' E 68°18.215'; 4. N 58°09.817' E 68°17.284';
5. N 58°09.017' E 68°22.717'; 6. N 58°09.137' E 68°21.557';
7. N 58°37.903' E 68°34.823'; 8. N 58°38.633' E 68°33.920';
9. N 58°07.538' E 68°08.362'; 10. N 58°19.042' E 68°07.017';
11. N 58°09.326' E 68°22.860'; 12. N 57°57.596' E 68°04.299';
13. N 57°58.280' E 68°08.210'; 14. N 57°53.477' E 68°07.235';
15. N 57°53.473' E 68°01.633'; 16. N 57°50.309' E 67°28.547';
17. N 57°49.463' E 67°28.794'; 18. N 57°59.486' E 69°16.445';
19. N 57°59.486' E 69°16.444'; 20. N 58°02.924' E 69°07.701';
21. N 58°01.335' E 68°56.814'; 22. N 57°58.367' E 68°59.936';
23. N 57°54.411' E 68°01.920'; 24. N 58°19.009' E 68°20.264';
25. N 58°24.230' E 68°22.109'

Таблица 1

Значение плотности потока радона с поверхности почвы  
в некоторых районах города Тобольска

№ п/п	Район исследования	Дата анализа	Количество точек измерений	Значение плотности потока радона с поверхности почвы, мБк/м <sup>2</sup> с ± погрешность		
				Среднее	Минимальное	Максимальное
1	Микрорайон Менделеево	23.05.2018	10	14	5 ± 1	28 ± 6
2	Микрорайон Речпорт	24.05.2018	10	16	5 ± 1	50 ± 10
3	7 «А» микрорайон	21.05.2018	10	34	18 ± 5	55 ± 4
4	БСИ – 1 (район завода «Сибур-Тобольск»)	22.05.2018	10	14	6 ± 1	30 ± 8
5	15 микрорайон	29.05.2018	10	29	10 ± 6	61 ± 10
6	Территория Тобольского кремля	30.05.2018	10	25	7 ± 4	59 ± 10
7	Ул. Алябьева, район СОШ № 14	28.05.2018	10	48	23 ± 5	78 ± 13
8	Микрорайон Южный (ДОЗ)	25.05.2018	10	16	8 ± 5	24 ± 7

Таблица 2

Значение плотности потока радона с поверхности почвы окрестностей некоторых населенных пунктов Вагайского, Тобольского и Ярковского районов

№ п/п	Район исследования Координаты, высота над уровнем моря	Гранулометрический состав	Среднее значение ППР с поверхности почвы, мБк/м <sup>2</sup> с	Плотность почвы, кг/м <sup>3</sup>	pH почвы, ед. pH
1	N 58°07.134' E 68°11.843' Тобольский район, окрестности д. Медянки-Русские	Средний суглинок	16	995	7,73
2	N 58°07.237' E 68°12.827' Тобольский район, окрестности д. Медянки-Русские	Средний суглинок	37	1042	6,5
3	N 58°09.779' E 68°18.215' Тобольский район, окрестности д. Исенеvская, пойменный луг, р. Иртыш	Легкий суглинок	19	1026	6,44
4	N 58°09.817' E 68°17.284' Тобольский район, окрестности с. Бизино	Средний суглинок	7	1107	6,9
5	N 58°09.017' E 68°22.717', 328 м Тобольский район, р. Иртыш, р-н автомобильного моста, широколиственный лес	Легкий суглинок	9	1067	5,39
6	N 58°09.137' E 68°21.557', 189 м Тобольский район, окрестности п. Прииртышский, размывной берег р. Иртыш	Легкий суглинок	16	979	8,04
7	N 58°37.903' E 68°34.823', 254 м Тобольский район, окрестности п. Надцы, склон, сосновый лес	Легкий суглинок	24	963	6,66
8	N 58°38.633' E 68°33.920', 147 м Тобольский район, окрестности п. Пеня	Супесь	14	1154	7,39
9	N 58°07.538' E 68°08.362', 130 м Тобольский район, окрестности с. Ермаково, берег р. Иртыш	Легкий суглинок	11	1178	5,61
10	N 58°19.042' E 68°07.017', 166 м Тобольский район, окрестности д. Овсянникова	Легкий суглинок	14	1154	5,97
11	N 58°09.326' E 68°22.860' Тобольский район, окрестности п. Сибиряк	Легкий суглинок	35	995	6,43
12	N 57°57.596' E 68°04.299', 139 м Тобольский район, окрестности д. Большая Блинникова	Легкий суглинок	157	930	6,06
13	N 57°58.280' E 68°08.210', 210 м Окрестности д. Большая Блинникова, лес	Легкий суглинок	7	802	5,59

Окончание табл. 2					
№ п/п	Район исследования Координаты, высота над уровнем моря	Гранулометрический состав	Среднее значение ППР с поверхности почвы, мБк/м <sup>2</sup> с	Плотность почвы, кг/м <sup>3</sup>	pH почвы, ед. pH
14	N 57°53.477' E 68°07.235', 146 м Тобольский район, окрестности д. Тоболтура, лес	Легкий суплинок	14	1123	4,67
15	N 57°53.473' E 68°01.633', 156 м Окрестности д. Тоболтура, автодорога 404	Легкий суплинок	7	882	8,15
16	N 57°50.309' E 67°28.547', 152 м Ярковский район, окрестности с. Сорокино, лес	Легкий суплинок	20	1042	6,04
17	N 57°49.463' E 67°28.794', 154 м Окрестности с. Сорокино, разнотравный луг	Легкий суплинок	9	1099	6,03
18	N 57°59.486' E 69°16.445', 161 м Вагайский район, окрестности д. Соснова, берег р. Иртыш	Супесь	8	979	7,63
19	N 57°59.486' E 69°16.444', 130 м Вагайский район, окрестности с. Бегишево, березовый лес у дороги	Легкий суплинок	10	1331	6,05
20	N 58°02.924' E 69°07.701', 273 м Вагайский район, окрестности п. Инжура, терраса р. Иртыш	Легкий суплинок	10	883	6,83
21	N 58°01.335' E 68°56.814', 149 м Вагайский район, окрестности д. Кобякская, кедровый лес у дороги	Средний суплинок	24	938	5,3
22	N 57°58.367' E 68°59.936', 143 м Вагайский р-н, устье р. Вагай	Легкий суплинок	5	802	5,83
23	N 57°54.411' E 68°01.920', 191 м Вагайский р-н, окрестности с. Вагай, разнотравный луг	Легкий суплинок	8	1026	7,04
24	N 58°19.009' E 68°20.264', 167 м Тобольский р-н, окрестности д. Ломаево, сосновый лес	Супесь	7	818	4,88
25	N 58°24.230' E 68°22.109', 120 м Тобольский р-н, окрестности д. Медведчиково, берег р. Иртыш	Легкий суплинок	31	1026	6,72

### Выводы

Обследование территории города Тобольска не выявило радоноопасных районов в городе. В результате работы было установлено, что на всех исследованных территориях города Тобольска и Вагайского, Тобольского и Ярковского районов плотность потока радона не представляет опасности для населения и не превышает 80 мБк/м<sup>2</sup>с, таким образом, исследуемые территории соответствуют первому классу радоноопасности. Только в окрестности д. Большая Блинникова (Тобольский район) наблюдалось повышенное значение – 157 мБк/м<sup>2</sup>с, данная территория относится ко второму классу радоноопасности.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы ФНИ № 0408-2014-0019 «Миграционные*

*процессы радионуклидов и химических поллютантов в экосистеме водоемов Обь-Иртышского бассейна».*

### Список литературы / References

1. Роберт К.А., Нешто К.Я., Мамаев Т.Д., Сенин И.Ю. Защита жителей домов от влияния радона при эксплуатации здания // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 10 (37). С. 46–52.

Robert K.A., Neshto K.YA., Mamaev T.D., Senin I.YU. Protecting People from the Effects of Radon in Houses // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. 2015. № 10 (37). P. 46–52 (in Russian).

2. Уткин В.И. Радоновая проблема в экологии // Техногенез и экология: Информационно-тематический сборник. Екатеринбург: Уральская государственная горно-геологическая академия, 1998. 212 с.

Utkin V.I. Radonic problem in ecology // Tekhnogenez and ecology: Information and thematic collection. Ekaterinburg: Ural'skaya gosudarstvennaya gorno-geologicheskaya akademiya, 1998. 212 p. (in Russian).

3. Карабанов А., Жук И., Ярошевич О., Конопелько М., Лукашевич Ж., Василевский Л. Радон: здоровье, опасность,

защитные мероприятия // Наука и инновации. 2013. Т. 4. № 122. С. 63–67.

Karabanov A., Zhuk I., Yaroshevich O., Konopel'ko M., Lukashevich Zh., Vasilevskij L. Radon: health, danger, protective measures // Nauka i innovacii. 2013. Т. 4. № 122. P. 63–67. (in Russian).

4. Новожилова М.Б., Андреев А.И. Радон почвенного воздуха // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2013. Т. 1. С. 268–272.

Novozhilova M.B., Andreev A.I. Radon of soil air // Nauchno-tehnicheskoe i ehkonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke. 2013. Т. 1. P. 268–272. (in Russian).

5. Гулабянц Л.А. Пособие по проектированию противорадоновой защиты жилых и общественных зданий. М.: НО «ФЭН-НАУКА», 2013. 52 с.

Gulabyanc L.A. Grant on design of antiradonic protection of residential and public buildings. M.: NO «FEN-NAUKA», 2013. 52 p. (in Russian).

6. Контроль плотности потока радона из почвы при отведении земельного участка под строительство [Электронный ресурс]. URL: <http://13.rospotrebnadzor.ru/content/kontrol-plotnosti-potoka-radona-iz-pochvy-pri-otvedenii-zemelno-go-uchastka-pod-stroitelstvo> (дата обращения: 02.10.2018).

Control of density of a stream of radon from the soil at assignment of the land plot under construction [Электронный ресурс]. URL: <http://13.rospotrebnadzor.ru/content/kontrol-plotnosti-potoka-radona-iz-pochvy-pri-otvedenii-zemelno-go-uchastka-pod-stroitelstvo> (date of access: 02.10.2018) (in Russian).