

П. П. Мурзинцев^{1}, А. С. Репин¹*

Прогнозирование деформаций бугров пучения по геопространственным данным с учетом термометрии

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: petermur329@inbox.ru

Аннотация. Показано, что кроме результатов инженерно-геодезических изысканий и данных первого цикла наблюдений за осадками и деформациями объектов нефтегазового комплекса для прогнозирования деформаций бугров пучения необходимо учитывать данные термометрических измерений в специально пробуренных геологических скважинах. Подчеркивается полное отсутствие рекомендаций в действующих нормативно-технических сводах правил по инженерным изысканиям для обустройства нефтегазовых месторождений и строительству инженерных сооружений коридоров линейных коммуникаций, что не способствует эффективному проектированию и долговечной безаварийной эксплуатации объектов инфраструктуры нефтегазового комплекса. Необходимо совершенствовать методики геопространственного мониторинга территорий с максимальным учетом факторов природного и техногенного характера воздействий. Предлагается осуществлять прогнозирование деформаций бугров пучения многолетнемерзлых пород с учетом данных термометрии, выполненных на разных глубинах по сетке геологических скважин. При этом стороны сетки должны учитывать размеры и густоту бугров пучения.

Ключевые слова: Данные термометрии, геопространственный мониторинг, модели бугров пучения

P. P. Murzincev^{1}, A. S. Repin¹*

Prediction of deformations of heave mounds based on geospatial data, taking into account thermometry

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: petermur329@inbox.ru

Abstract. It is shown that in addition to the results of engineering and geodetic surveys and data from the first cycle of observations of precipitation and deformations of objects of the oil and gas complex, it is necessary to take into account the data of thermometric measurements in specially drilled geological wells to predict the deformations of heave mounds. It is emphasized that the complete absence of recommendations in the current regulatory and technical codes of rules on engineering surveys for the development of oil and gas fields and the construction of engineering structures of linear communication corridors does not contribute to the effective design and long-term trouble-free operation of infrastructure facilities of the oil and gas complex. It is necessary to improve the methods of geospatial monitoring of territories with maximum consideration of the factors of natural and man-made impacts. It is proposed to predict the deformations of the heave mounds of permafrost rocks, taking into account the thermometry data performed at different depths along the grid of geological wells. In this case, the sides of the grid should take into account the size and density of the heave mounds.

Keywords: Thermometry data, geospatial monitoring, models of heave mounds

Прогнозирование деформаций бугров пучения по геопространственным данным с учетом термометрии

Актуальность исследований в области геопространственного мониторинга территорий с распространением многолетнемерзлых пород обусловлена тем, что активная добыча полезных ископаемых (углеводородного сырья, месторождений золота) в Российской Федерации выполняется именно в таких природно-климатических условиях. Жизненный цикл бугров пучения с ядром из многолетнемерзлых пород и без него имеет достаточно сложные периоды, трудно поддающиеся точному прогнозированию. Это можно объяснить неоднозначным воздействием природно-климатических условий и техногенными факторами, которые зависят от существенно активизирующейся деятельности человека в этих регионах [1, 2, 3].

Цель исследования заключается в совершенствовании методики прогнозирования деформаций бугров пучения. Авторы предлагают геопространственные данные, основу которых составляют результаты инженерно-геодезических и геологических изысканий, дополнять результатами термометрии, с учетом воздействия последних на две составляющие модели бугра пучения, а именно на наружную и подземную части бугра пучения.

При этом при переходе к полной 3D- модели с объединением подземной и надземной частей следует учесть фактор времени получения данных термометрии и данных прогнозного периода и перейти к 4D-модели. Оценка фактического состояния бугра пучения должна происходить по результатам термометрии на текущую дату, но желательно с учетом многолетних данных (рис. 1).

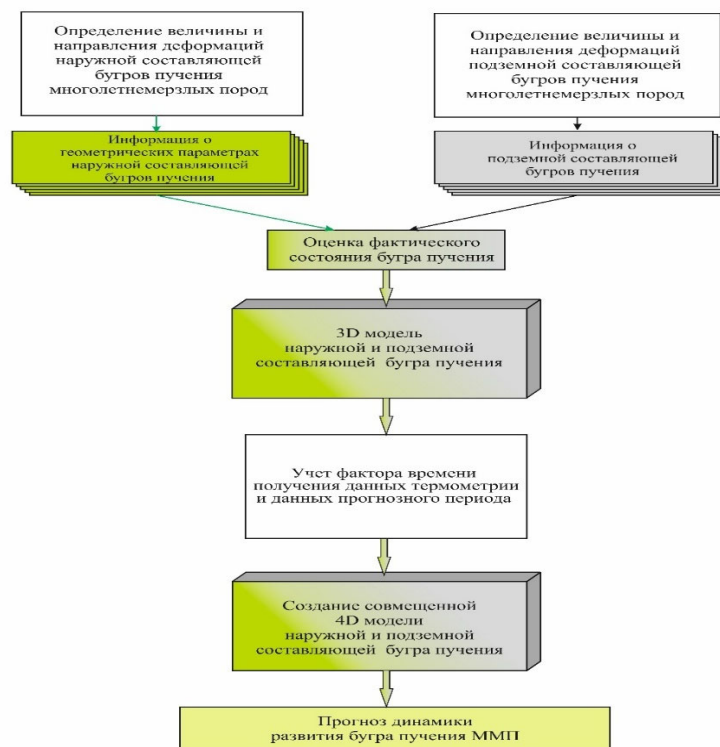


Рис. 1. Методика оценки фактического состояния и динамики развития бугра пучения многолетнемерзлых пород

Измерения температуры в геологических скважинах на различных глубинах с некоторым постоянным шагом, например, 0,5 метра, как представлено в табл. 1, позволяют увеличивать или уменьшать подробность оценивания и прогнозирования деформаций подземной части бугра пучения многолетнемерзлых пород. Для оценивания воздействий техногенного характера на жизненный цикл бугра пучения рекомендуется указывать, на каком расстоянии от бугра пучения расположены инженерные сооружения, представляющие инфраструктуру нефтегазового месторождения [4]. Результаты измерения температуры приведены табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерения температуры

Глубина в (м)	№ скважин													
	скв 1	скв 3	скв 6	скв 9	скв 11	скв 13	скв 17	скв 20	скв 23	скв 25	скв 26	скв 30	скв 40	скв 43
0,5	-2,5	-2	-2,1	-2,15	-2,3	-2,41	-2,46	-2,43	-2,14	-2,19	-2,28	-2,5	-2,43	-2,4
1	-1,49	-1,41	-1,43	-1,39	-1,45	-1,37	-1,46	-1,35	-1,42	-1,36	-1,48	-1,5	-1,51	-1,42
1,5	-0,8	-0,3	-0,4	-0,2	-0,31	-0,3	-0,24	-0,1	-0,6	-0,3	-0,12	-0,5	-0,4	-0,6
2	-0,6	-0,2	-0,3	-0,2	0,24	-0,1	-0,12	-0,01	-0,4	-0,2	-0,09	-0,3	-0,2	-0,2
2,5	-0,4	-0,1	-0,2	-0,25	-0,01	-0,1	0,09	0,12	-0,3	-0,2	0,11	-0,24	-0,1	-0,12
3	0,1	0	0	0,1	0,12	0	0,12	0,2	0	0,2	0,21	0,12	0,01	0,08
3,5	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,15	0,16	0,1	0,1	0,13	-0,18	0,1	0,1
4	0	-0,1	0,2	0,21	0,1	0,3	0,2	0,1	0,15	0	0	-0,21	0,13	0,14
4,5	0,01	-0,14	0,19	0,05	0,01	0,21	0,15	-0,13	0,08	0,01	0,02	-0,24	0,15	0,12
5	0	-0,15	0,02	0,03	-0,1	0,11	0,05	-0,13	0,1	-0,1	-0,16	-0,25	0,2	0,08
6	-0,1	-0,17	-0,18	-0,1	-0,15	0,05	-0,14	-0,14	-0,12	-0,15	-0,18	0,25	-0,01	-0,1
7	-0,2	-0,21	-0,22	-0,2	0,18	-0,09	-0,18	-0,15	-0,2	-0,2	-0,2	-0,26	-0,18	-0,24
8	-0,25	-0,25	-0,25	-0,24	-0,2	-0,16	-0,2	-0,2	-0,27	-0,23	-0,24	-0,28	-0,28	-0,27
9	-0,28	-0,26	-0,29	-0,24	-0,21	-0,3	-0,24	-0,29	-0,27	-0,24	-0,3	0,28	-0,28	-0,29
10	-0,29	-0,27	-0,3	-0,25	-0,29	-0,31	-0,25	-0,3	-0,28	-0,26	-0,31	-0,28	-0,3	-0,3
11	-0,38	-0,3	-0,39	-0,35	-0,3	-0,38	-0,26	-0,32	-0,34	-0,28	-0,34	-0,32	-0,38	-0,42
12	-0,4	-0,35	-0,41	-0,4	0,32	-0,45	-0,3	-0,35	-0,4	-0,3	-0,38	-0,34	-0,4	-0,5
13	-0,42	-0,36	-0,44	-0,41	0,35	-0,49	-0,34	-0,4	-0,45	-0,38	-0,4	-0,38	-0,42	-0,54
14	-0,48	-0,39	-0,45	-0,46	-0,4	-0,49	-0,41	-0,45	-0,5	-0,39	-0,46	-0,4	-0,5	-0,59
15	-0,49	-0,4	-0,45	-0,47	-0,4	-0,5	-0,42	-0,46	-0,51	-0,4	-0,5	-0,41	-0,5	-0,6

Особый интерес вызывает построенный с наложением данных термометрии по каждой скважине объединенный график. Данные с учетом измерений температуры в 43 скважинах (рис. 2).

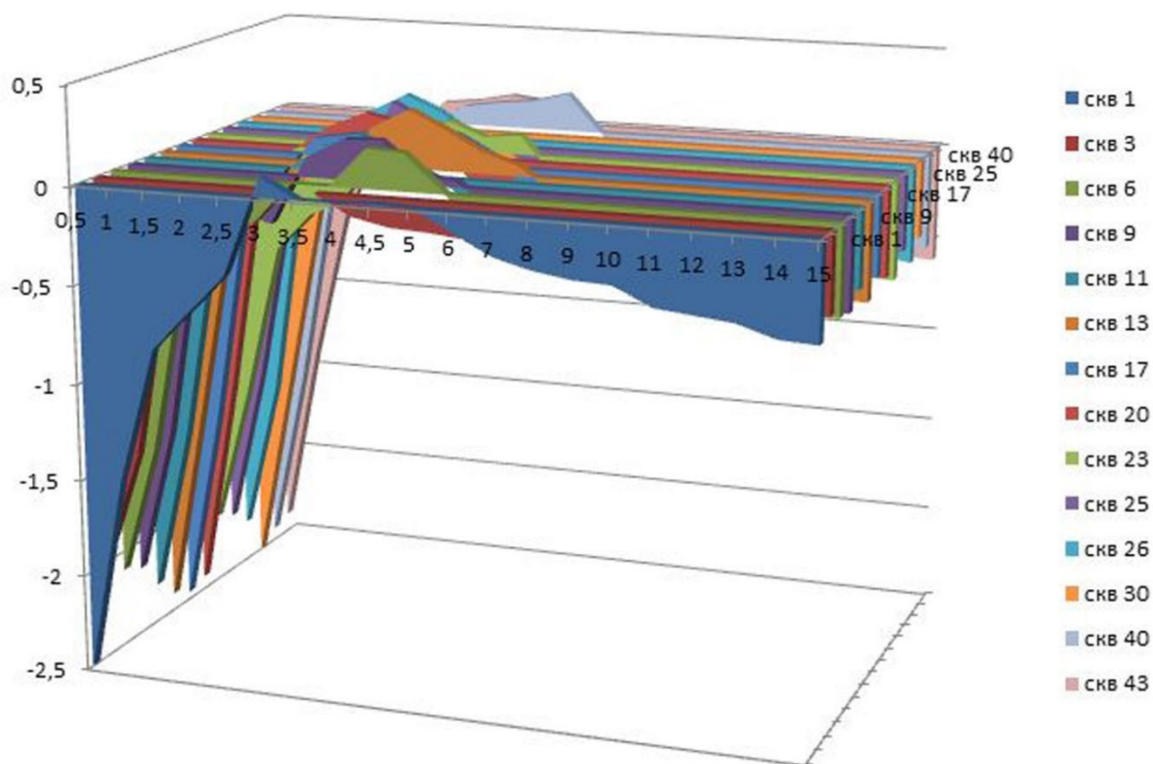


Рис. 2. График изменения температуры в зависимости от глубины измерений и расположения скважин на Самбургском месторождении

На глубинах 3, 4,5 и 5 метров отмечается всплеск перепада температур с уходом от минусовых значений к положительным, таким образом первоначальный прогноз позволяет предположить об изменениях подземной составляющей ядра бугра пучения многолетнемерзлых пород в районе 13 скважины на глубине 4,5 метра. Это в свою очередь может вызвать изменения наружной составляющей в районе 13 скважины и близлежащих к ней геологических скважин [5, 6].

Заключение

Точность и надежность прогнозирования деформационных изменений моделей бугра пучения многолетнемерзлых пород зависит от:

- геометрических параметров, по которым разбивалась на местности сетка геологических скважин;
- вертикального шага глубины расположения датчиков термометрии;
- количества учтенных циклов измерения данных термометрии и геопространственных данных бугра пучения, полученных в результате геодезического мониторинга с применением ГНСС технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильчук, Ю. К. Особенности инженерных изысканий для строительства трубопроводов в пределах бугристых ландшафтов зоны спорадического распространения многолетнемерзлых пород / Ю. К. Васильчук, А. К. Васильчук. – Текст: непосредственный // Инженерная геология. – 2014. – № 9-10. – С. 4–12.

2. Карпик, А. П. Проблемы геодезического обеспечения мониторинга территорий / А. П. Карпик. – Текст: непосредственный // Традиции и инновации в начале XXI столетия: сб. материалов межрегионал. междисциплинарной науч. конф. – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 13–20.

3. Лисицкий, Д. В. Геодезический мониторинг территорий / Д. В. Лисицкий, П. П. Мурзинцев. – Текст: непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 116–118 с.

4. Мурзинцев, П. П. Геодезический пространственный мониторинг территорий Западной Сибири / П. П. Мурзинцев. – Текст: непосредственный // Геодезия и картография. – 2010. – № 7. – С. 45–48.

5. Отчетная документация по инженерным изысканиям «Обустройство Валанжинских залежей Самбургского месторождения. Дожимная насосная станция». Ч. 2. «Инженерно-геологические изыскания». – 2014. – С. 81–86. – Текст: непосредственный.

6. Отчетная документация по инженерным изысканиям «Строительство поисково-оценочных скважин в пределах Агапского лицензионного участка». Ч. 1. «Инженерно-геодезические изыскания». – 2014. – С. 5–42. – Текст: непосредственный.

© П. П. Мурзинцев, А. С. Ретин, 2023